



رسائل جغرافية

العلاقة بين التساقط والجريان السطحي للمياه

في وادي سمائل - بسلطنة عمان

د. محمود دياب راضي

شعبان ١٤١٢هـ
فبراير ١٩٩٢م

١٤١

دورية علمية محكمة تعنى بالبحوث الجغرافية
يصدرها قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية

الاشتراكات

في الكويت	خارج الكويت
للمؤسسات ١٢ دينارا كويتيا (سنويا)	للمؤسسات ١٥ دينارا كويتيا (سنويا)
للأفراد ٦ دينارا كويتيا (سنويا)	للأفراد ٧.٥ دينارا كويتيا (سنويا)

الجمعية الجغرافية الكويتية

ص.ب: ١٧٠٥١ الكويت الخالدية   الرمز البريدي 72451

رسائل جغرافية
١٤١

العلاقة بين التساقط والجريان السطحي للمياه
في وادي سمائل - بسلطنة عمان

د. محمود دياب راضي

شعبان ١٤١٢هـ
فبراير ١٩٩٢م

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

العلاقة بين التساقط والجريان السطحي للمياه
في وادي سمائل - بسلطنة عمان

مقدمـــة

مـع تزايـد النمو العمـراني والتوسـع الزراعي في كثـير من المجتمعات تتأكد أهمية الدراسات التي تعنى بالنظام الهيدرولـوجي وطرق استغـلال المياه عـلى النحو الأمثـل. والنظام الهيـدرولوجي في منـطقة الـدراسـة وهي وادي سمائل ـ الواقع إلى الجنوب الغربي من العاصمة مسقط بسلطنـة عمان ـ مثـال على ذلك، حيث يعكس التاريخ الطويل لهذا الوادي عمليات تنمية مصـادر المياه وطرق استغلالها فيه.

ويهـدف هذا البحث، من خـلال العلاقـة بين التسـاقط والجـريـان السـطحي للمياه، إلى تـوضيح أثـر الخصائص الجيمـورفولـوجيـة للوادي ونظام استخدام الأرض على النظام الهيدرولوجي لحوض وادي سمائل.

وتشير الدراسات التي أجراها «سير الكسنـدر جبس وبارثر» Sir Alex-andar Gibs and Barther سنة ١٩٧٣م من خلال قسم مـوارد المياه بمؤسسـة الفاو، والدراسات التي أجريت بواسطة وزارة البيئـة وموارد الميـاه في سلطنة عمان سنة ١٩٧٤م، وكذلك التي أجرتها وزارة الـزراعة والأسـماك بالسلطنـة سنـة ١٩٨١م من أجل إنشـاء سد الخـوض على دلتـا الـوادي، إلى أن وادي سمائل، البالغ مساحته ١٦١٥ كيلومتر مربع منها حوالي ١٣٥٩ كيلومتر مربع

عبارة عن أرض جبلية مرتفعة، يختلف عن الأودية الأخرى بسهل الباطنة (الواقع في الجزء الشمالي من سلطنة عمان) وذلك لسببين:

أولهما: أن جزءاً كبيراً من الحوض يقع في ظل المطر بين جبل الحجر الشرقي وجبل الحجر الغربي.

ثانيهما: أن قاع الوادي في أحباسه العليا والوسطى مملوء بالرواسب الفيضية الخشنة مما يجعل المياه تتسرب إلى باطن الأرض قبل أن تصل إلى الأحباس الدنيا، وبالاضافة إلى ذلك فإن المتوسط السنوي للمطر لا يزيد عن ١٥٠ مم على كل أجزاء حوض التصريف مما يشير إلى قلة عائدات المياه من الوادي. وتكمن الخطورة أيضاً في أن التوسع الزراعي في الاقليم الساحلي وكذلك في المناطق الداخلية يزداد كل يوم إذ يبلغ حوالي ٢٠٠٠ هكتار ويزداد سنوياً بمعدل ٥٪ تقريباً (تقرير وزارة الزراعة والأسماك سنة ١٩٨١م).

ونأمل أن يعطي هذا البحث صورة واضحة عن الميزان المائى للوادي ويوضح دور الدراسات الجيومورفولوجية في ملء العجز في البيانات الهيدرولوجية المتاحة التي تلزم لاستغلال موارد المياه بالمنطقة.

المظاهر الطبيعية للحوض

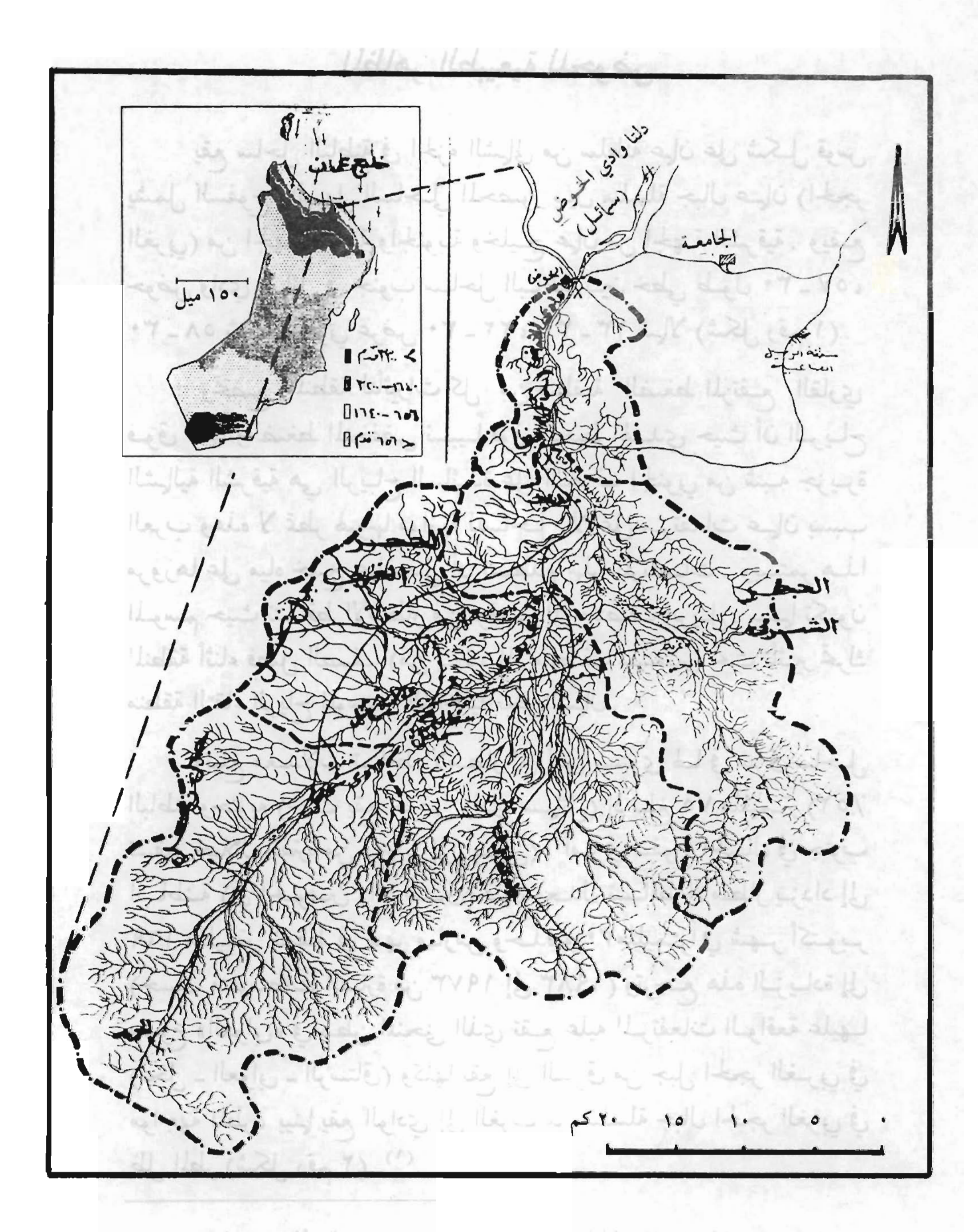
يقع ساحل الباطنة في الجزء الشمالي من سلطنة عمان على شكل قوس يشمل السفوح والسهل الساحلي المحصور بين سلسلة جبال عمان (الحجر الغربي) من الجهة الغربية والجنوبية وخليج عمان من الجهة الشرقية. ويقع حوض وادي سمائل في جنوب ساحل الباطنة بين خطي طول ٣٠ ـ ٥٧، ٣٠ ـ ٥٨ شرقاً ودائرتي عرض ٣٠ ـ ٢٢، ٣٠ ـ ٢٣ شمالا (شكل رقم ١).

وتخضع المنطقة لتأثيرات كل من منطقة الضغط المرتفع القاري فوق آسيا والضغط المنخفض نسبياً فوق المحيط الهندي حيث أن الرياح الشمالية الشرقية هي الرياح السائدة على الطرف الجنوبي من شبه جزيرة العرب وهذه لا تمطر لهبوبها موازية للساحل الا على مرتفعات عمان بسبب مرورها على مياه خليج عمان قبل أن تصطدم بهذه المرتفعات. ويستمر هذا الموسم حيث تتساقط الأمطار من نوفمبر إلى منتصف ابريل. بينما تكون المنطقة أثناء فصل الصيف (من يونيو إلى منتصف سبتمبر) تحت تأثير تحرك منطقة التقاء الرياح الموسمية الداخلية نحو الشمال.

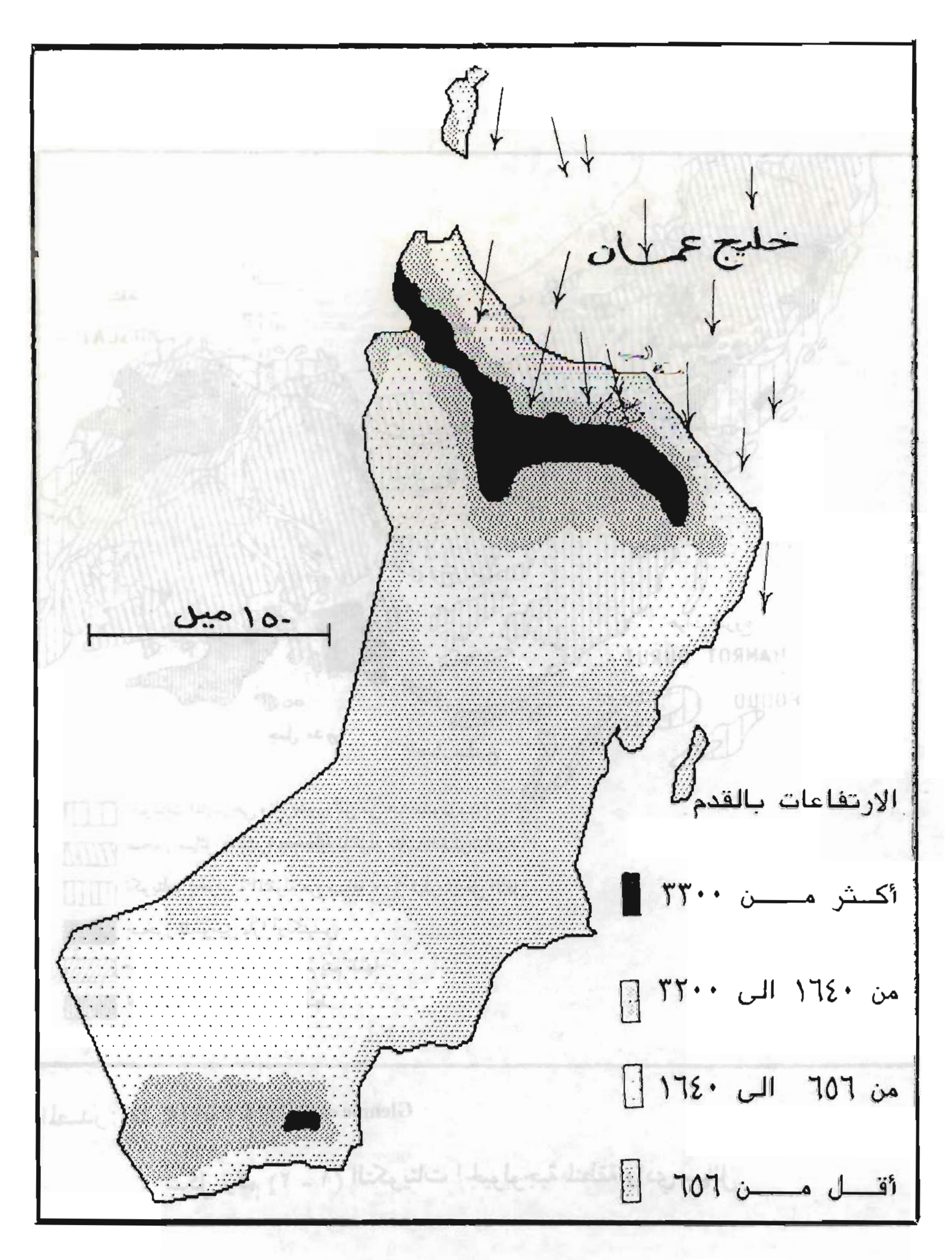
وتبلغ معدلات تساقط الأمطار إلى أدنى مستوى لها في شرق ساحل الباطنة وجنوبه (حيث يقع حوض وادي سمائل) إذ تبلغ ٧٥ ملليمتر (٥٢٪ تسقط خلال الفترة من فبراير إلى ابريل). أما في سفوح الجبال في جنوب الباطنة (في الحوقين والرستاق) فإن معدل تساقط الأمطار يزداد إلى ١٦٩ ملليمتراً تسقط في شهر مارس وحده و ٣٠ملليمتراً في شهر أكتوبر (حسب متوسطات الفترة من ١٩٧٣ إلى ١٩٨٣) وترجع هذه الزيادة إلى وقوع «العوابي» في بطن المنحنى الذي تقع عليه المرتفعات الواقعة عليها (نخل ـ العوابي ـ الرستاق) وكلها تقع إلى الشرق من جبل الحجر الغربي في مواجهة المطر، بينما يقع الوادي إلى الغرب من سلسلة جبال الحجر الغربي في ظل المطر (شكل رقم ٢). [1]

---

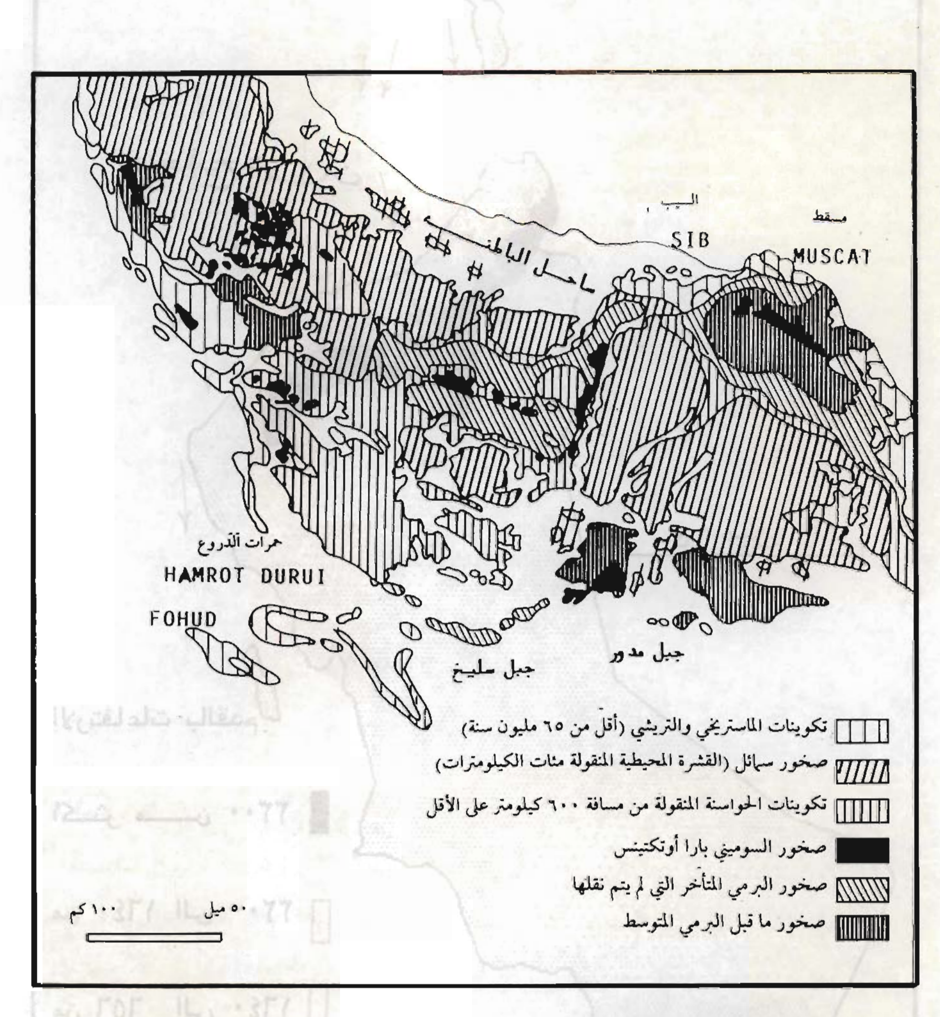
(١) وزارة الزراعة والأسماك بسلطنة عمان، **الموارد المائية بسلطنة عمان**، ١٩٨٦م، ص ١٥.



شكل رقم (١) وادي سمائل



شكل رقم (٢) مسارات الرياح الممطرة شتاء على جبال عمان



المصدر : Glennie et al (1974) Part I P. 12

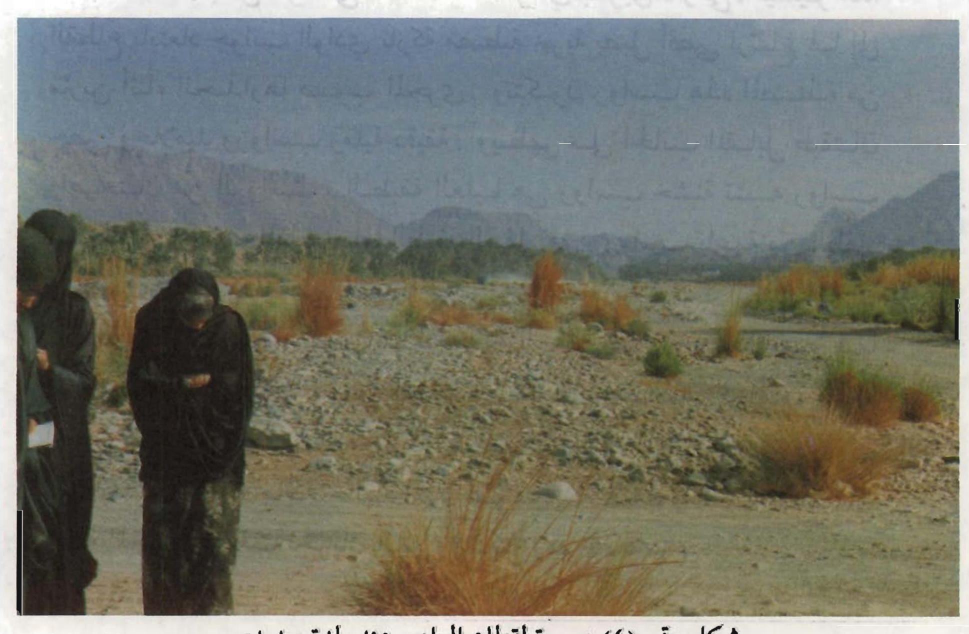
شكل رقم (٢ ـ ١) التكوينات الجيولوجية لمنطقة وادي سمائل

وتنبع روافد وادي سمائل من الأطراف الشرقية لجبل الحجر الغربي ومن الأطراف الغربية لجبل الحجر الشرقي بينما يعتبر جبل نخل (أحد جبال سلسلة الحجر الغربي) هو المورد الرئيسي للمياه في هذا الوادي حيث يسير المجرى الرئيسي موازياً لهذا الجبل حتى قرب مخرجه عند بلدة «الخوض القديم». وبذلك تغذي المياه المتسربة من جبل نخل الأحباس الوسطى والدنيا لهذا الوادي وتزداد بذلك موارد المياه السطحية بهذه الأحباس لأن فيضان روافده بالأحباس العليا وحدها لا يكفي لاستمرار جريان المياه السطحي حتى المصب.

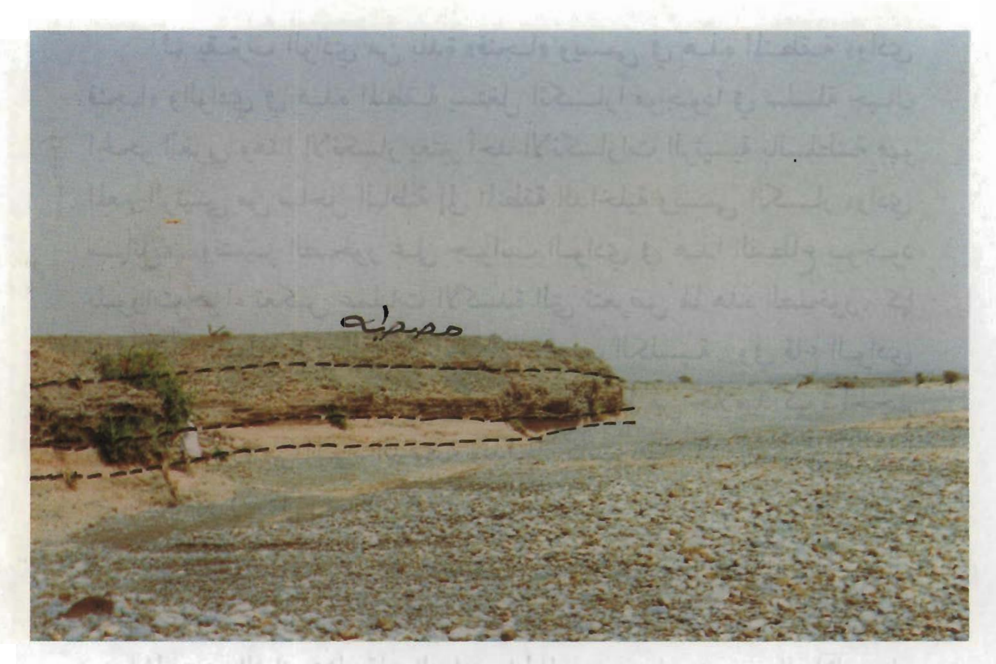
ويتميز قاع الوادي في الأحباس العليا بالضيق وتملؤه الرواسب الخشنة التي حملت بعضها المياه من المنابع وجاء البعض الآخر من انهيارات جوانب الوادي في بعض المناطق التي تخلو من أنماط الاستغلال البشري لجوانب الوادي مثل بناء المنازل وزراعة المدرجات التي تروى من الأفلاج التي تتغذى من العيون المتفجرة في جوانب الوادي (شكل رقم ٣).

أما الأحباس الوسطى عند التقاء الوادي بطريق «ازكى» فيتميز هذا القطاع بابتعاد جوانب الوادي تاركة مصطبة نهرية يصل أقصى ارتفاع لها إلى مترين أثناء انحدارها صوب المجرى. وتتكون رواسب هذه المصطبة من حصى وجلاميد ورواسب رملية دقيقة. ويظهر على الجانب المقابل طبقتان واضحتان من الرواسب، الطبقة العليا هي رواسب خشنة تشبه رواسب المصطبة في الجانب المقابل. أما الطبقة السفلى فهي رواسب ناعمة من الطفل والرمل ويختلط بها حصى صغير الحجم. ويتضح من ترتيب الطبقات أن المنطقة قد مرت بفترة مطيرة رسبت الطبقة السفلى ثم فترة جافة امتلأ فيها الوادي بالرواسب الخشنة وهي الطبقة السطحية للمصطبة، ثم فترة مطيرة أخرى عمق الوادي فيها مجراه تاركاً مصطبة على ارتفاع أكثر من مترين، ثم تلت بعد ذلك فترة جافة حالية امتلأ الوادي خلالها برواسب خشنة تمثل حمولة المجرى في وقت الجريان السيلي (شكل رقم ٤، ٥، ٦).

شكل رقم (٣) صورة لقطاع الوادي في الأحباس العليا عند بلدة «سفالة سمائل»



شكل رقم (٤) صورة لقطاع الوادي عند بلدة «بدبد»



شكل رقم (٥) صورة توضح تتابع ترييب الرواسب الفيضية (مصطبة) في الأحباس الوسطى عند بلدة «بدبد».



شكل رقم (٦) صورة توضح الرواسب الخشنة التي تفترش أرض مجرى الوادي في الأحباس الوسطى عند بلدة «بدبد»

ثم يقترب الوادي من بلدة «فنجا» ويسمى في هذه المنطقة «وادي فنجا» والوادي في هذه المنطقة يستغل انكساراً موجوداً في سلسلة جبال الحجر الغربي وهذا الانكسار يعتبر أحد الانكسارات الرئيسية بالسلطنة فهو المعبر الرئيسي من ساحل الباطنة إلى المنطقة الداخلية ويسمى انكسار «وادي سمائل». وتتميز الصخور على جوانب الوادي في هذا القطاع بوجود بلورات حمراء تعكس عمليات الأكسدة التي تتعرض لها هذه الصخور. كما ينتشر على السطح بلورات بيضاء من الرواسب الكلسية. وفي قاع الوادي الضيق تحت جسر «فنجا» توجد رواسب هي خليط من جلاميد كبيرة الحجم وكميات صغيرة من المواد الدقيقة ولذلك كانت هذه الرواسب في أغلبها خشنة المظهر (شكل رقم ٧، ٨).

ويقترب الوادي من مخرجه عند بلدة «الخوض القديم»، إذ نجده محفوراً على مستويين: حيث يكون المستوى الأول على منسوب ثلاثين متراً بينما المستوى الثاني يمثله قاع الوادي الحالي. ويصل منسوب التلال على جوانب الوادي إلى حوالي ٣٠٠ متر تمثل خانقاً لمخرج الوادي. ويتعرج المجرى في بطن الوادي فينحت ثنياته المقعرة مكوناً حوائط جانبية. ويزداد النحت السفلي Undercutting لهذه الحوائط فتنهار وتتهدل ثم تتكسر هذه الكتل الكبيرة وتختلط برواسب القاع. ويغلب اللون الأصفر على التكوينات الصخرية بالمنطقة لأنها تكوينات الحجر الجيري الذي عملت عليه التجوية الكيميائية بدرجة كبيرة منها الأكسدة (شكل رقم ٩).

وبعد خروج الوادي إلى السهل الساحلي ينفرج مكوناً مروحة فيضية ضخمة بني على مجاريها سد ركامي هو «سد الخوض» الذي أنشىء سنة ١٩٨٣م (شكل رقم ١٠). ولأن الخليج العربي يتصل بالبحر العربي فإن مستواه قد تذبذب خلال العصور الجيولوجية، وبانحسار البحر في الوقت الحاضر ظهر السهل الساحلي (سهل الباطنة) وتكونت عليه دلتا وادي سمائل ما بين بلدة «الخوض القديم» ومدينة «السيب» على الساحل. وإذا أخذنا قطاعاً طولياً لهذه الدلتا نجد أن التلال السوداء عند مخرج الوادي مباشرة هي رواسب قديمة للوادي وتكويناتها من الرواسب الخشنة وغير صالحة للزراعة

شكل رقم (٧) صورة لقطاع مجرى الوادي عند جسر «فنجا» بالاتجاه نحو المنبع.



شكل رقم (٨) صورة لقطاع مجرى الوادي عند جسر «فنجا» بالاتجاه نحو المصب.



شكل رقم (٩ - ١) صورة توضح التهدل نتيجة عملية النحت السفلى عند بلدة «الخوض القديم»



شكل رقم (٩ - ٢) صورة لقطاع الوادي عند بلدة «الخوض القديم» مأخوذة من فوق المصطبة النهرية (عرض الوادي أكثر من ١٥٠ متر).



شكل رقم (١٠) صورة لسد الخوض: سد ركامي مقام على فرعي دلتا وادي سمائل.

يمكن أن يطلق عليها منطقة البيدمنت. وتوجد بعد ذلك وفي اتجاه البحر أرض مستوية السطح ذات تصريف جيد وهي أرض صالحة للزراعة لأنها تتمتع برواسب ناعمة وتمثل أطراف البيدمنت وبالتحديد أطراف المروحة الفيضية للوادي. ويلي تلك المنطقة أرض البجادا (Bajada) إلا أن تربتها مالحة نظراً للبخر الشديد. وفي النهاية بالقرب من الساحل وبالتحديد في المنطقة التي توجد عليها مدينة «السيب» توجد البلايا (Playa) وهي أرض رملية سبخية وملحية يقترب فيها مستوى الماء الجوفي المالح من السطح.

البناء الجيولوجي لمنطقة وادي سمائل

تشكل جبال عمان جزءاً من سلاسل الحركة الألبية التي نشأت عن دفع للرواسب البحرية في بحر «تيثس Tethys» القديم عندما انضغط الرصيف القاري للكتلة العربية القديمة في أواخر عصر الكريتاسي (Glennie et al, 1974)[٢]. وطبقًا لما قدمه «جلين» فإنه يمكن التعرف على ثلاث مجموعات صخرية رئيسية تكون جبال عمان وكلها ممثلة في منطقة سمائل:

١ ـ صخور القاع مكانية النشأة (Autochthonous Unit)

وتتكون من طبقتين غير متوافقتين. الأولى تكونت فيما قبل عصر «البرمي» وتكونت الثانية فيما بين أواخر البرمي وأواخر عصر الكريتاسي.

وتتألف الطبقة الأولى من صخور تكونت في ثلاث دورات ترسيبية. الدورة الأولى تبدأ في سيح حطاط بتكوين حطاط البركاني الفتاتي وتتدرج الرواسب البحرية الفتاتية إلى صخور بركانية سليسية تعرت وترسبت مرة أخرى وغسلت بدرجات متفاوتة. وقد قذفت محتويات هذه الصخور من

---

(2) Glennie, K.W., Boeuf, M.G.A., Hughes Clarke, M.W., Moody-Sturt, M. Pilar, W.F., and Reinhardt, B.M. (1974). **Geology of the Oman Mountains,** Part I (text), Part II (tables and illustrations), Part III (separate plates) = Koninklijk Nederlands Geologisch en Mijnbouwkunding Genootschap, Transactions, 31 423p (Part I).

وزارة النفط والمعادن بسلطنة عمان، المديرية العامة للمعادن، **الجيولوجيا والمعادن في سلطنة عمان**، نوفمبر ١٩٨٥ من ص ١٠ إلى ص ٢٩.

Sultanate of Oman, Ministry of Petroleum and Minerals, Directorate General of Minerals, **Geological Map of Fanjah Sheet Nf 40-3f,** 1: 100,000, Explanatory notes by M. Villey and J. LE Metour, X DE Gramont, Bureau de Recherches Geologiques et Minieres B.P. 6009 - 45060 Oreleans Cedex 2, 1986, France.

البراكين التحجرية الكائنة في الجهة القريبة إلى اليابس من الرصيف القاري ويشتمل على طبقات وسادية بازلتية رقيقة. والدورة الثانية تكون معظمها في منطقة الجبل الأخضر وهي صخور مكونة من الرماد البركاني التابع لتكوين الجزء الأعلى لرسوبيات الرصيف القاري. أما الدورة الثالثة فقد تكونت عندما غمر البحر المنطقة. فلقد ترسبت في بادىء الأمر الصخور البرية الفتاتية في بيئة دلتاوية تلاها ترسيب صخور فتاتية غنية بالكوارتز والفلسبار ترسبت في ماء ضحل على رصيف قاري ينخفض تدريجياً.

أما الطبقة الثانية من مجموعة الصخور مكانية النشأة فهي صخور جيرية ترسبت في خمس دورات: الدورة الأولى بدأت في «العصر البرمي» بطغيان البحر الذي غطى صخور القاع التي عانت من عوامل التعرية فترسبت هذه الصخور الفتاتية وملأت الفجوات برواسب الصخور الجيرية. والدورة الثانية بدأت في الجوراسي بترسيب صخور فتاتية برية في بيئة بحرية تطورت إلى صخور جيرية، وهكذا يعكس استئناف عمليات التعرية على نطاق واسع. والدورة الثالثة بدأت في العصر الطباشيري المبكر مع بداية الانهيار المفاجىء للطرف الشمالي الشرقي للرصيف القاري العربي أي في الوقت الذي بدأ فيه المنحدر القاري يتراجع غرباً بشكل واضح، وبعد ذلك بدأت عمليات الترسيب تملأ هذا الحوض الجديد. أما الدورة الرابعة فقد بدأت في العصر الطباشيري المتوسط عندما نشطت عمليات التعرية الإقليمية وترسيب الفتات الصخري الدقيق في البحار المجاورة وتلتها الصخور الجيرية التي كثرت فيها التراكيب المرجانية. بينما بدأت الدورة الخامسة في العصر الطباشيري الأدنى عندما أخذ الجزء الشمالي الشرقي من الجبل الأخضر في التقبب المصحوب بعمليات تعرية شاملة وهبوط مفاجىء للرصيف القاري، الأمر الذي تسبب في خلق حوض داخل الإفريز القاري، وقد بدأ هذا الحوض يمتلىء بمواد جاءت أصلاً من الرصيف القاري الذي تعرض لعوامل التعرية البحرية وتم ترسيبها من الماء العكر الذي كان يحتويه الحوض.

هذا وقد تعرض الجزء الأعلى من الرصيف القاري للتشويه بسبب سلسلة من الاندفاعات التكتونية التي أدت إلى سحب الصخور خارجية النشأة فوق صخور الرصيف القاري وقد زاد من حدة هذا التشويه الضغط الجانبي المستمر. وقد حدث هذا عندما طويت الصخور إلى أعلى ثم بدأت بعد ذلك عمليات التقبب المصحوبة بصدوع انزلاقية قوية وعنيفة. وأخيراً في الزمن الرابع عانت الصخور ذات النشأة المكانية تحت وطأة الحركات التكتونية العمودية المزيد من التشوه.

٢ ـ صخور خارجية النشأة (Allochthonous Major Unit)

والتي انضغطت وتكسرت فوق المجموعة الأولى وأهمها مجموعة صخور الحواسنة (Hawasina Nappe) ومجموعة أفيوليت سمائل (Samail Nappe). ويعتقد أن مجموعة الحواسنة هي عبارة عن صخور رسوبية ترسبت في الفترة بين أواخر البرمي وحتى أواخر الكريتاسي في حوض ضحل يسمى حوض الحواسنة ويقع على الحافة الشمالية الشرقية للكتلة العربية القديمة. وكان حوض الحواسنة ينقسم إلى ثلاثة أقسام هي:

أ ـ الحوض الأوسط الذي امتلأ بمياه اختلطت برواسب جلبتها عوامل التعرية من سطح الكتلة العربية القديمة ومن السفوح المجاورة له، وهي تكون الآن مجموعة من صخور حمرات الدروع (Hamrat Duru). وتتكون هذه المجموعة من صخور بركانية أندزيتية في أسفلها وصخور ماء عكر تحتوي على حفريات، ثم تلتها ترسيب الصخور الفتاتية الرملية، وأخيراً الصخور الكلسية على السطح.

ب ـ حافة بركانية وسطى تكونت عليها الشعاب المرجانية وترسبت عليها رواسب الحجر الجيري وهي التي نشاهدها الآن في وسط حوض سمائل وتسمى مجموعة صخور كور (Kawr Group).

جـ ـ الحوض البعيد عن حافة الكتلة العربية القديمة حيث ترسب في قاعه الحجر الجيري والشرت (Readiolarion Chert) ويظهر الآن في مجموعة

صخـور عمر (Umar Group) . هـذه المجموعـة تتكون من الصخـور الجيرية والصخـور الصوانيـة التي تحتوي عـلى حفريـات شعاعيـة فوق قاعدة بـركانيـة سميكة وتشتمـل أيضاً عـلى رسوبيـات بركـانية فتـاتية رسبت وأعيد ترسيبها كما تشتمـل كذلـك على كتـل مغتربـة مصدرهـا الحواجز المرجانية التابعة لمجموعة الكور(٣).

أما مجموعة أفيوليت سمائل فهي تكون أساساً غطاء ضخـماً من صخور الأفيـوليت توضـح تتابعـاً من صخور الـلافا الـبركانيـة المتصلة (Tectonite) والجابرو ثم صخـور بركـانية حـديثة، وكلهـا كانت تشكـل قاع بحـر تيشس (Tythis) خـلال الزمن الأول(Mesozoic) الـذي انتشرت عـلى سـطح قـاعـه الوسائد البركانية التي تلفظها باستمرار الحافات البركانية في قاع هـذا البحر. وقد انضغط قاع هذا البحر على الكتلة العربية القديمة أثناء زحـزحة الألـواح التكتونية لقاع هذا البحر والتي أدت في النهايـة إلى إغلاقـه تاركـة على جبـال عـمان (الحافـة الشماليـة الشرقية للكتلة العـربية القـديمـة) غـطاء ضخـماً من الصخور البركانية.

ويظهر أثـر الحركـات «البانيـة للجبال» (Orogenic Cycles) في منـطقة سمائل على النحو التالي:

أ ــ الـدورة الهرسينيـة والتي أحدثت الكتـل الصـدعيـة (Block Faulting) والطيات الضخمة بالمنطقة.

ب ــ الـدورة الألبية والتي كـونت جبال عـمان على دورات متعـاقبـة، الأولى أثرت على صخور القاع المحليـة النشأة (الشست) وأحـدثت فيه بعض الطيات المستلقية باتجاه الشمال الشرقي. وقد أدى هذا إلى تفكـك هذه

(3) Sultanate of Oman, Ministry of Petroleum and Mineral, Directorate General of Mineral, **Geological Map of Sib Sheet NF 40-3C,** Scale 1:100,000, Explanatory notes by Michel Villey Xavier de gramont, and Joel le Metour, Bureau de Recherches Geologiques et Minieres B.P. 6009-45060 Orleans Cedex 2, 1986, France pp. 30-38.

الطبقة وتبعثر أجزائها. والثانية أدت إلى تباعد أجزاء التكوينات الصخرية والتي أدى إلى تكوين الشقوق والفواصل الضخمة التي نشاهدها الآن، وكذلك حدوث الطيات التي ارتمت ناحية الجنوب.

كل هذه الحركات «البانية للجبال» (خاصة الحركة الألبية) كونت في النهاية هذا التركيب الصخري غير المتصل وأدت إلى تناثر المكونات الصخرية والأعداد الكبيرة من الصدوع والفوالق والطيات.

٣ ـ صخور محلية النشأة (Autochthonous Post - Nappe Unit)

وهي عبارة عن الرواسب الفيضية (Alluvium) الحديثة الترسيب خلال الزمن الرابع (Quaternary) التي ملأت التجاويف والصدوع والتي جلبتها الأودية فيما بعد منها وادي سمائل الذي نحن بصدد دراسته.

وكنتيجة لطبوغرافية المنطقة شديدة التضرس فإن عبورها لا يكون إلا من خلال الأودية الموجودة فيها، ولذلك نجد العمران ينتشر على طولها. ووادي سمائل يعتبر من المعالم التكتونية الرئيسية وهو عبارة عن انكسار مستلقي لمجموعة صخور أفيوليت سمائل وهي جبل نخل (الحجر الغربي) فوق تكوينات الحواسنة (الحجر الشرقي) ويحتل الوادي قاع هذا الانكسار. ونظراً لأن كمية الأمطار قليلة ومتفرقة بالمنطقة (أقل من ٢٠٠ ملليمتر في السنة) فإننا نخلص من هذا كله إلى أن الجريان المائي في الوادي متقطع ويسير تحت الرواسب الفيضية الحديثة حيث أن مستوى الماء الجوفي قريب من السطح، وحيث تتسرب إليه المياه خلال الشقوق والفواصل الصخرية المنحدرة من الجبال والتلال على جانبي الوادي، فلا توجد طبقة متصلة حاملة للمياه بطول الوادي، وكما أوضحنا من قبل في الحديث عن البناء الجيولوجي فإن الصخور التي يمكن أن تحمل المياه مثل الحجر الجيري قد تبعثرت وتفرقت أثناء الحركة الألبية البانية لجبال عمان. وعلى الرغم من ذلك فإن التكسير الشديد والكثافة العالية من الشقوق والفواصل في غطاء سمائل من الأفيوليت تشكل خزاناً ضخماً يغذي كل

الأودية المنحدرة منه ولكن بطبيعة الحال فإن المياه وخاصة مياه الأفلاج تحتوي على نسبة عالية من الأملاح المذابة[٤].أما الرواسب الفيضية في بطن الوادي فهي بطبيعتها تعتبر طبقة حاملة للمياه يظهر منها على السطح عقب سقوط الأمطار على بقعة معينة تحدث جرياناً سطحياً، ولا يسير أكثر من بضعة كيلومترات من المنطقة التي حدثت فيها الأمطار، وما يصل إلى منطقة «سد الخوض» في دلتا الوادي فإنه يأتي من مصدرين هما: سقوط الأمطار في الأحباس الوسطى والدنيا من الوادي بالإضافة إلى تسرب المياه خلال الرواسب الفيضية من الأحباس العليا والوسطى من الوادي.

---

(4) Sultanate of Oman, Ministry of Petroleum and Mineral, Directorate General of Minerals, **Geological Map of Nakhl, Sheet NF 40-3E,** Scale 1:100,000 Explanatory notes by Dominique Rabu, Bechennec, Beurrier, and Hutin. Bureau de Recherchas Geologiaues et Minieres B.P. 6009-45060 Orleans cedex 2, France, 1986, P. 72.

هيدرولوجية وادي سمائل

يستقبل وادي سمائل مياهه من منطقة واسعة تتكون أساساً من صخور الأفيوليت كما أشرنا من قبل، ويستقبل جزءاً آخر من منحدرات كتلة مسفاة بالاضافة إلى الأطراف الشرقية للجبل الأخضر في جبل نخل. فتتسرب المياه خلال هذه الكتل الجبلية الضخمة في الشقوق والفواصل لتصل إلى بطن الوادي وتغذي الماء الباطني في الرواسب الفيضية حيث يقترب مستواه من السطح ليظهر في شكل جريان متقطع (يظهر في منطقة ويختفي في أخرى خلال الرواسب الفيضية التي يصل متوسط سمكها على طول الوادي حوالي ستة أمتار). فعند بلدة «سمائل» وبلدة «بدبد» ارتفع قاعه (Eleviation) بالإرسابات الفيضية لأعلى من منسوب القاع، وقد أشرنا إلى ذلك في الجزء الخاص بالمظاهر الطبيعية للوادي، فقد تتابعت على المنطقة فترات مطيرة زاد فيها نشاط النحت الرأسي في قاع الوادي تخللتها فترات جافة ترسبت خلالها كميات كبيرة من الرواسب الفيضية الناعمة بالاضافة إلى الفترة الجافة الحالية والتي تسببت في فرش أرضية الوادي بالرواسب الخشنة والأحجار الكبيرة الحجم (شكل رقم ١١).

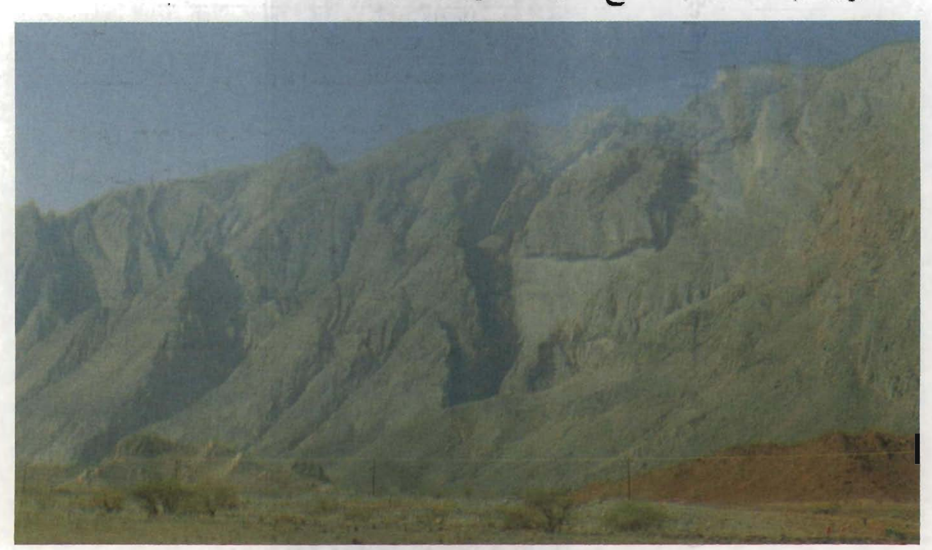
ويوضح شكل رقم (١٢) الدورة الهيدرولوجية لوادي سمائل عند بلدة «سفالة سمائل»، وهي كما يتصورها الباحث المدخلات والمخرجات لكل من المياه السطحية والمياه الجوفية للوادي على النحو التالي:

أولاً: مدخلات المياه السطحية بالوادي:

١ ــ جريان وقتي متقطع وسريع في أجزاء متفرقة من أحباس الوادي العليا والوسطى بعد كل عاصفة من الأمطار.



شكل رقم (١١) صورة لأرض الوادي عند بلدة «بدبد» توضح تتابع ترسيب طبقات الرواسب الفيضية تبعاً لتتابع الفترات المطيرة والفترات الجافة.



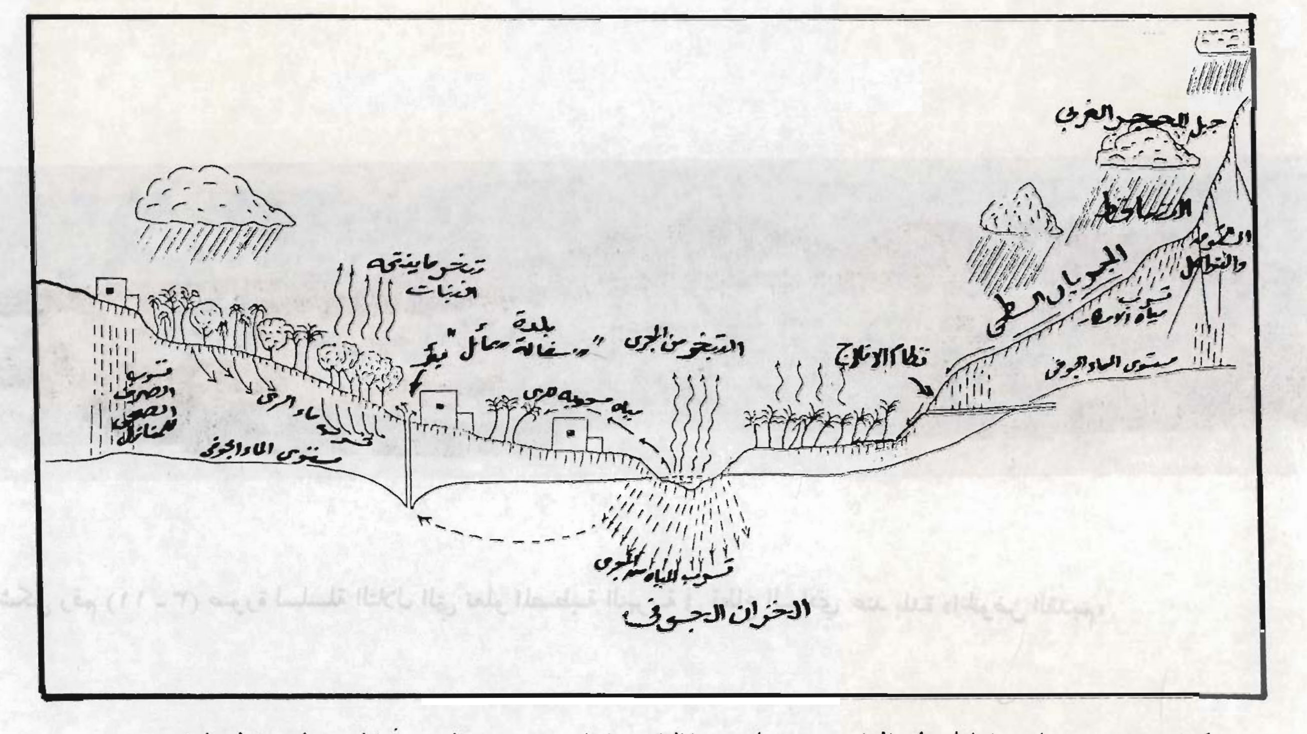
شكل رقم (١١ - ١) صورة لجانب من جبل «نخل» المطل على الوادي: توضح كثافة الشقوق والفواصل الصخرية التي تتسرب فيها مياه الأمطار وهي بدورها تغذي الأفلاج في الأحباس العليا من الوادي.



شكل رقم (١١ - ٢) صورة لسلسلة جبل نخل المطلة على الوادي وتعتبر المصدر الرئيسي للمياه بالوادي.



شكل رقم (١١ ـ ٣) صورة لسلسلة التلال التي تعلو المصطبة النهرية في قطاع الوادي عند بلدة «الخوض القديم».



شكل رقم (١٢) بانوراما لمقطع الوادي عند بلدة «سفالة سمائل» توضح الدورة الهيدرولوجية في الوادي.

٢ ـ ظهور الماء الجوفي على السطح في أجزاء منخفضة من بطن الوادي أو عندما يرتفع مستوى الماء تحت السطحي في بعض الأجزاء التي تكون فيها الإرسابات الفيضية سميكة.

٣ ـ تسرب المياه من الحقول الموجودة على المصاطب الجانبية للوادي وتراكمها في حفر وعائية موجودة في بطن الوادي ليست بفعل الجريان المائي ولكنها حفر أحدثها الإنسان في الرواسب الفيضية بقاع الوادي.

٤ ـ نشع خزانات الصرف الصحي للمنازل المقامة على جانبي الوادي وتجمعها في برك صغيرة، خاصة عند بلدة «سفالة سمائل» و «بدبد» و «فنجا» و «الخوض القديم».

٥ ـ الأفلاج المنتشرة على طول الوادي التي تتغذى من الجيوب الصخرية الحاملة للمياه في جانبي الوادي.

ثانياً: مخرجات المياه السطحية بالوادي:

١ ـ استعمال جزء كبير من المياه في ري الزراعات الموجودة على المصاطب الجانبية وذلك عن طريق الأفلاج.

٢ ـ تسرب المياه في الرواسب الفيضية.

٣ ـ البخر للمياه السطحية التي تملأ مسام الرمال والحواجز الترابية في بطن الوادي.

ثالثاً: مدخلات المياه الجوفية (تحت السطحية) بالوادي:

١ ـ تسرب مياه الأمطار أثناء الجريان السطحي في الرواسب الفيضية وخلال الشقوق والفواصل الصخرية بالمرتفعات.

٢ ـ تسرب مياه الري من الحقول المزروعة على المصاطب الجانبية للوادي.

٣ ـ الاختلافات في مناسيب خزان الماء الجوفي على طول الـوادي مما يجعل المياه تتسرب خلال الـرواسب الفيضية ببطن الوادي بـاتجاه الانحـدار العام نحو البحر.

٤ ـ تسرب الميـاه من خزانـات مياه الصرف من القـرى المنتشرة عـلى طـول الوادي.

رابعاً: مخرجات الخزان الجوفي بالوادي:

١ ـ الأفلاج المنتشرة على طول الوادي.
٢ ـ تسرب المياه خلال الرواسب الفيضية تبعاً للانحدار العام نحو البحر.
٣ ـ الآبار المنتشرة بالأحباس الوسطى والدنيا وعلى سـطح المروحـة الفيضية للوادي.
٤ ـ تبخر ما ينتجه النبات في المزارع المنتشرة على جانبي الوادي.

نظام التصريف بالوادي

يعمل أي حوض تصريف كنظام طبيعي له مدخلات (التساقط والطاقة)(*) موزعة على سلسلة من وسائل النقل بداخله (جريان سطحي وتسرب ونشع) من خلال عدة خزانات (المجرى المائي وخزان الماء الجوفي) وفي النهاية له مخرجات (تبخر ما ينتجه النبات وضخ الماء الجوفي والتصريف في البحر). ويعمل النظام من الداخل بهدف الوصول إلى مرحلة التوازن بين عناصره من أجل أن تتساوى مدخلاته مع مخرجاته(٥).

ويعتبر المنظور الطبيعي للنظم مفيداً للدراسات الهيدرولوجية للأسباب الآتية:

أولاً: أنه يمدنا بترتيب العلاقات بين العناصر، ويختبر النظريات، ويكون النماذج ويحدد الأهداف.

ثانياً: أنه يوجب على المرء أن ينظر إلى النظام على أنه وحدة واحدة بالرغم من أنه يتكون من أجزاء عديدة تكون على علاقة متبادلة فيما بينها ويعتمد كل منها على الآخر.

ثالثاً: إن أي تغيير في أي مكون داخل النظام يمكن مشاهدة تأثيره على المكونات الأخرى نظراً لأن المكونات الداخلية تعتمد كل منها على الأخرى.

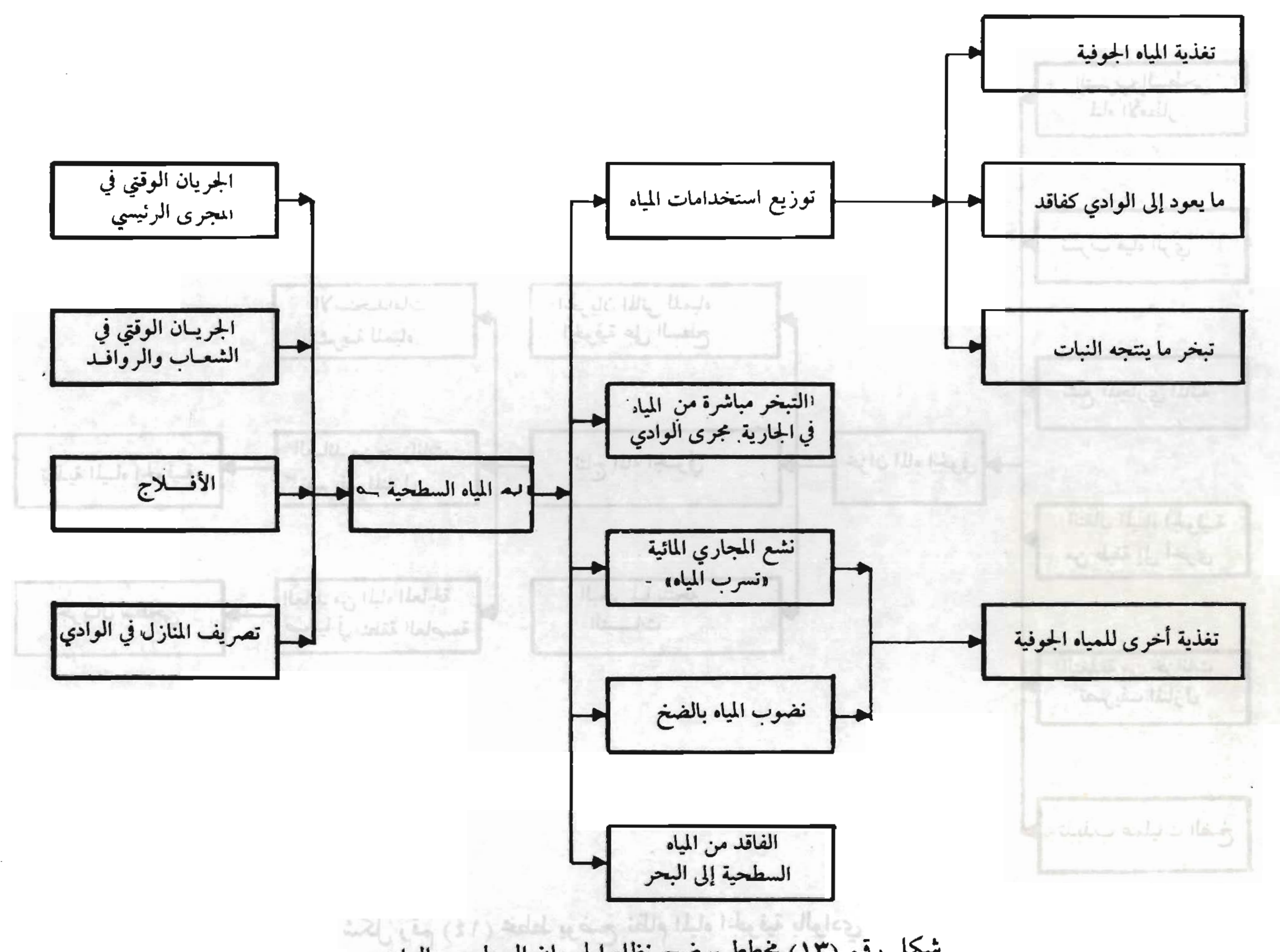
(*) يقصد بالطاقة سرعة المياه في المجرى نتيجة ارتفاع منسوب الفيضان أو إنحداره الشديد.

(5) The Hydrologic Engineering Center, Introduction to groundwater Hydrology, Lecture notes, **Water Balance: Albuquerque Greater Urban Area.** H 393, tape No. 390. HEC 609 second street, Davis, California 95616, February 1979.

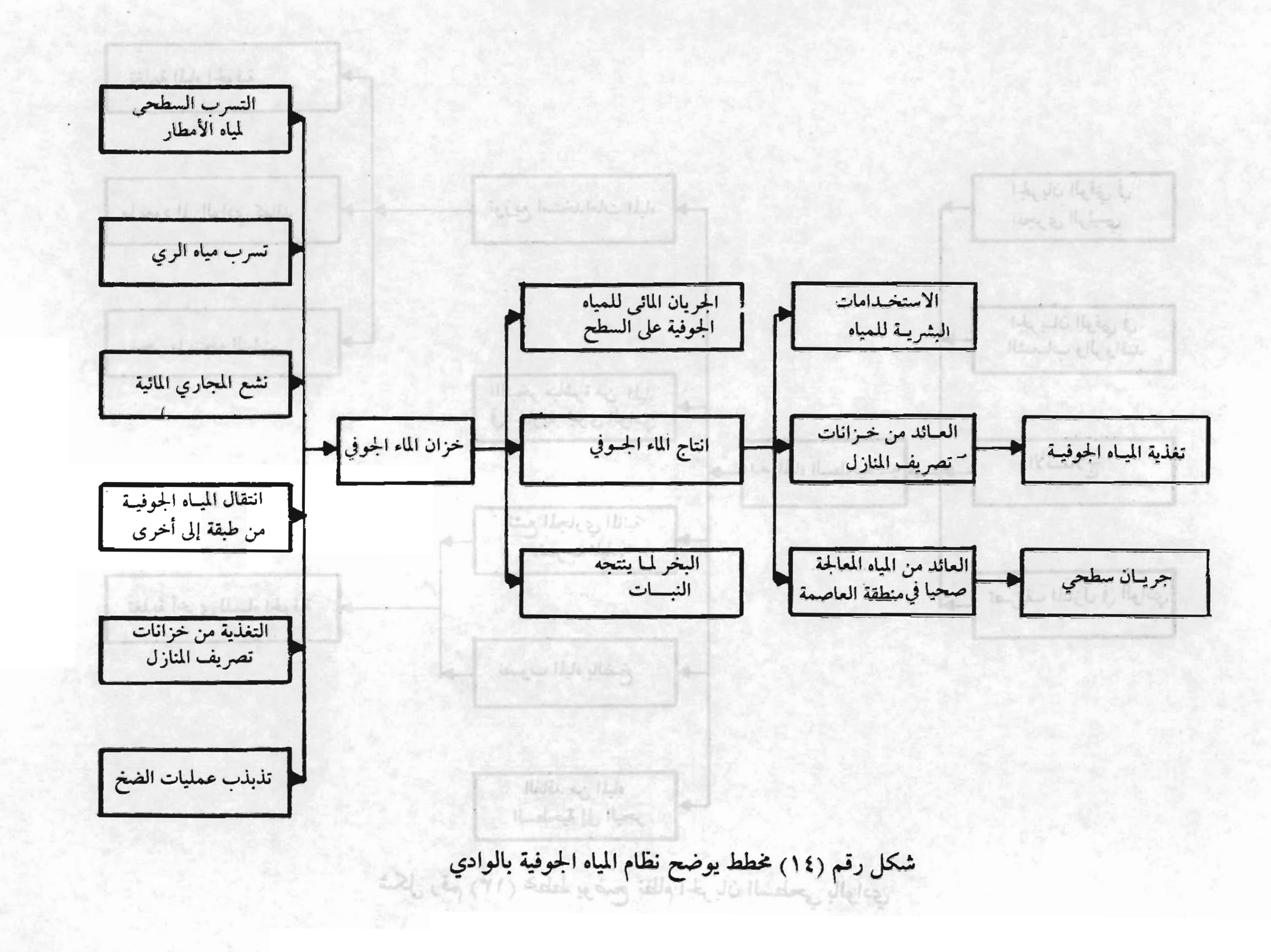
ويوضح شكل رقم (١٣) وشكل رقم (١٤) تمثيلاً نظرياً لنظم المياه السطحية والمياه الجوفية في منطقة سمائل. والفصل بين النظامين يعتبر غير موضوعي بل نجد في الواقع علاقة متبادلة بينهما ومستمرة على طول أرض الوادي. ولكن على أية حال فإن فصلهما هنا يعتبر ضرورياً من أجل عرض مكوناتهما والتنبؤ بمستقبلهما ومن خلال مناقشتنا سوف نشير إلى العلاقة المتبادلة بين النظامين. ولا يمكن بأية حال أن نعتبر الشكلين تمثيلاً حقيقياً للنظام الهيدرولوجي بالوادي بل إن الشكلين يحتويان على أهم المكونات والعناصر الأساسية التي يتطلبها التوازن الهيدرولوجي بالمنطقة. وبناء على ذلك فإنه قد استبعدت مثلاً جميع العمليات المتعلقة بالتخزين المائي في التربة. ويرجع ذلك إلى سببين: أولهما أن قاع الوادي يتكون من رواسب فيضية خشنة غير صالحة للزراعة، والثاني أن التربة المزروعة على المصاطب الجانبية للوادي تفقد ما بها من مياه بسرعة بسبب التسرب السريع إلى المناسيب الأدنى من هذه الحقول وزيادة معدلات البخر بسبب شدة الحرارة. والهدف هنا اذا هو توضيح الخزانات الرئيسية للمياه بالمنطقة ومساراتها داخل النظام، ونشير إلى العلاقات المتبادلة بين النظام السطحي للتصريف المائي والنظام الجوفي وميكانيكية التغذية الاسترجاعية كل منهما للآخر. كما يجب أن نشير هنا إلى أن دراسة العمليات التي تعمل على حركة المادة والطاقة من قطاع إلى آخر داخل هذا النظام تقع ضمن اهتمام هذا البحث. فإن الدراسة تربط اذا بين نظام التصريف والخصائص الجيومورفولوجية للوادي:

١ ـ تحديد الجريان السطحي:

يوضح الشكل رقم (١٣) امدادات الجريان السطحي للمياه المتمثل في الجريان الوقتي للشعاب والمجرى الرئيسي. وهناك طرق عديدة لتحديد كمية المياه الواردة في أودية المناطق الجافة. فلقد طورت هيئة المحافظة على التربة (مصلحة الأراضي) بالولايات المتحدة (Soil Conservation Services) طريقة سميث، وسميت بالطريقة المنطقية (Rational Method) ولقد سميت



شكل رقم (١٣) مخطط يوضح نظام الجريان السطحي بالوادي



شكل رقم (١٤) مخطط يوضح نظام المياه الجوفية بالوادي

بهذا الاسم لأن حدود المعادلة متوازنة في مكوناتها (Graf, 1988)[٦]. وهذه الطريقة يمكن تحديدها في المعادلة التالية:

$$Q\ pk = C\ I\ A \quad \text{.........} \quad (1)$$

حيث Q pk = حجم التصريف بالقدم المكعب في الثانية

Peak runoff (cfs)

، I = كثافة التساقط المطري بالبوصة في الساعة

Rainfall Intensity (in / hr)

، A = مساحة حوض التصريف بالميل المربع

Drainage basisn Area (sq. mil)

، C = ثابت

Dimensionless coefficient

ولقد اعتبرت هذه الطريقة أن التساقط موزع بشكل منتظم وبكثافة واحدة على أنحاء الحوض. وأن كل أجزاء الحوض تضيف إلى حجم التصريف المائي قدراً معيناً بشكل ثابت في كل عاصفة من الأمطار وعلى حسب كمية الأمطار الساقطة. هذا الشرط الموضوع في المعادلة لا ينطبق بكل تأكيد على كل حوض تجميع المياه بحوض وادي سمائل نظراً لأن مساحة الحوض كبيرة (١٦١٥ كيلو متر مربع) وأن العاصفة الممطرة في المنطقة تتصف بالانعزالية (Scattared or Isolated) كما أنها مختلفة الكثافة من منطقة إلى أخرى في الحوض. وللتغلب على هذه المشكلة فلقد قُسِّم حوض تجميع المياه لوادي سمائل إلى أربعة أحواض ثانوية للتصريف تنتهي كل منها عند نقطة معينة على طول الوادي. ومما شجع على ذلك أن الوادي في هذه الأحباس الأربعة يكاد يكون منفصلاً وليس وادياً متصلاً من المنبع عند بلدة «الحمة» حتى المصب في رأس الدلتا عند بلدة «الخوض القديم» بل أن

---

(6) Graf, William L., 1988, **Fluvial Processes in Dryland Rivers**, Springer - Verlag Berlin Heidelberg New York, pp. 79-81.

تصريفات الأحواض الثانوية الأربعة تنتهي عند هذه النقاط الأربع وهي سفالة سمائل، وبدبد، وفنجا، ثم الخوض والدلتا المروحية للوادي.

ولقد استطاع كل من داني وليوبولد (Dunne & Leopold 1977, P. 299)[7] تطوير صورة أخرى لهذه المعادلة تستخدم المقاييس المترية كما يلي:

Q pk = O.278 C I A .... (٢)

حيث Qpk = ذروة التصريف المائي بالمتر المكعب في الثانية

Peak discharge (cu m/Sec)

، I = كمية التساقط بالملليمتر في الساعة

Rainfall (mm / hr)

، A = مساحة حوض التصريف بالكيلومتر المربع

Drainage Area (sq. Km)

، C = ثابت يعبر عن نوع التربة أو المواد الصخرية المكونة للحوض.

ولقد وجد أن هذا الثابت بالنسبة للسطوح الصخرية الشديدة الانحدار ويقدر قيمته بـ (٤, ٠)، وللسطوح الرملية والحصوية بـ (٢٥, ٠) (Graf, 1988)[٨].

ولقد أوضحت الدراسات الحقلية في المناطق الشديدة الجفاف أن الاختلافات في أمد التساقط (Duration) ومقدار انحدار السفوح وسرعة جريان الماء عليها (Compaction) كان لها أثر على الاختلافات في حجم التصريف المائي (Yair & Lavee 1974)[٩]. كما أوضحت دراسات أخرى في

---

(7) Dunne, T., and Leopold L.B., (1977), **Water in Environmental Planning,** Freeman, San Francisco, p. 299. Quoted in Graf, W.L. (1988), Fluvial Processes in Dryland Rivers.

(8) Chow V.T. (ed.) (1964 a), **Runoff: in Handbook of Applied Hydrology,** Sec. 14, McGraw-Hill, New York, p. 8.

(9) Yair A. and Lavee H., (1974), **Areal Contribution to Runoff on Scree Slopes in an Extremely Arid Environment - a Simulated Rainstorm Experiment.** Z. Geomorphol. Suppl. 21: 106-121. Quoted in Graf, W. L. (1988), Fluvial Processes in Dryland Rivers.

أقاليم أخرى شديدة الجفاف (Badland areas) أن الشقوق والفواصل الصخرية تؤثر على الجريان السطحي تأثيراً كبيراً لأنها تستحوز على جزء كبير من المياه ولا يصل إلى المجرى إلا جزء صغير لا يقارن بكمية الأمطار الساقطة على الحوض (Yair et al, 1980, b)[١٠]. ووجد أيضاً أن مناطق تكوينات الحجر الجيري تحت ظروف مناخية شديدة الجفاف وعندما يسقط عليها كمية كبيرة من الأمطار وفي أمد قصير فالمياه لا تستطيع أن تكمل رحلتها كاملة إلى المجرى الرئيسي (Yair et al, 1980, a)[١١].

وعلى الرغم من هذه التحفظات الكثيرة على استخدام تلك المعادلة إلا أن بساطتها وسهولة تطبيقها جعلتها أكثر انتشاراً. كما أن تقسيم حوض التصريف إلى أحواض ثانوية صغيرة يزيد من صحة تطبيق المعادلة كثيراً.

فلقد استخدم لين (Lane) سنة ١٩٧٢ في تطبيقه لهذه المعادلة على بعض الأحواض الكبيرة المساحة أسلوب تقسيم الحوض إلى أحواض ثانوية صغيرة وأعطته نتائج صحيحة لا تزيد نسبة الخطأ فيها عن ٥٪. ويؤكد ذلك منحنى العلاقة بين المساحة والمتوسط السنوي للجريان السطحي الذي وضعه كل من Glymph & Holtan سنة ١٩٦٩م والذي يشير إلى أن الجريان السطحي في المناطق الجافة وشبه الجافة يقل بدرجة كبيرة كلما زادت المساحة القابضة للمياه (Graf, 1988, P. 82)[١٢].

---

(10) Yair, A., Goldberg, P., Lavee, H., Bryan, R.B., and Adar, E., (1980b), **Runoff and Erosion Processes and Rates in the Zin Valley Badlands, Northern Negev Israel.** Earth Surf. Proc. 5 : 205. Quoted in Graf, W.L. (1988), Fluvial processes in Dryland Rivers.

(11) Yair, A., Sharon, D., and Lavee, H., (1980a) **Trends in Runoff and Erosion Processes over an Arid Limestone Hillside Northern Negev, Israel.** Hydrol. Sci. Bull 25 : 243 - 255. Quoted in Graf, W.L. (1988), Fluvial Processes in Dryland Rivers.

(12) Graf, William, L., (1988), **Fluvial Processes in Dryland Rivers,** Springer - Verlag, Berlin Heidelberg, New York, p. 82.

ولتطبيق المعادلة السابقة يلزم تطبيق معادلة أخرى خاصة بوقت التركز أو يمكن تسميتها بوقت الذروة (Time of Concenration) لأنه عند هذا الوقت بالذات يبدأ الجريان السطحي للمياه. ولقد توصلت إلى هذه المعادلة مصلحة الأراضي بالولايات المتحدة (U.S. Soil Conservation Services) وهي :

$$tc = (0.00013)\ (L^{1.15})\ (H^{-0.38}) \quad \text{.......................} \quad (٣)$$

حيث tc = وقت التركز أو الذروة بالساعة Time of Concentration (hr).

، L = طول الحوض مقاساً على طول المجرى الرئيسي من المنبع إلى المصب بالقدم.

، H = فرق المنسوب بين المنبع والمصب بالقدم.

ولتطبيق المعادلة رقم (٢) والمعادلة رقم (٣) في منطقة الدراسة يلزم تحديد كمية التساقط بالمنطقة. ويقدر متوسط كمية التساقط السنوي في منطقة مسقط بحوالي ١٠٣ ملليمتر كما قدرها هورن (P. Horn) بمؤسسة الفاو الدولية لبيانات متوفرة لفترة تمتد من ١٩٥٤ إلى ١٩٧٦. ونظراً لأنه لا يوجد محطات لتسجيل المطر بمنطقة سمائل وأن مدينة «مسقط» تقع على الساحل فقد اعتبرت هذه الكمية ممثلة لمتوسط التساقط السنوي على الطبقة الصخرية التي تحمل المياه بمنطقة سمائل (Aquifer). وهي نفس الكمية(٩٩ ملليمتراً) التي قدرها سير الكسندر جيبس (Sir Alexander Gibs) بالنسبة لمحطة الرميس (تقرير وزارة البيئة وموارد المياه ١٩٨٣). ويوضح الجدول رقم (١) متوسط الفترة عشرة سنوات حتى ديسمبر سنة ١٩٨٣ فيما عدا نزوى فهي ٢١ عاماً.

جدول رقم (١)

المتوسط الشهري والسنوي للتساقط المطري*

متوسط عدد الأيام الممطرة خلال الشهر

أرقام التساقط بالملليمتر

بعض المحطات المختارة		يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	مجموع المتوسط السنوي
الرميس	المتوسط الشهري	٦,٧	٢٣,٩	١٤,٦	٥,٢	٦,٢	١,٣	٠,١	—	—	٠,٥	٤,٢	١١,٠	٧٥,٤
	عدد أيام المطر	١,٠	١,٠	١,٥	٠,٥	٠,٥	—	—	—	—	—	٠,٥	٣,٠	—
الرستاق	المتوسط الشهري	١٢,٥	٢٥,٨	٢٦,٨	١٤,١	٧,٠	٥,٨	٧,٩	١٢,٠	٥,٠	٣٥,٤	١٣,٢	١١,٠	١٧٨,٥
	عدد أيام المطر	٣,٠	٤,٠	٤,٥	٣,٠	١,٠	٠,٥	١,٥	١,٥	١,٥	٣,٥	١,٠	٤,٠	—
نخل	المتوسط الشهري	١٤,٤	٤٦,٢	٢١,٥	٦,٩	٤,٠	٤,٦	٤,٠	١,٦	٢,٣	٩,٢	٦,٣	٨,٤	١٢٩,٧
	عدد أيام المطر	٠,٥	٢,٠	١,٥	٠,٥	—	—	٠,٥	—	—	٠,٥	١,٠	١,٥	—
سمائل	المتوسط الشهري	٧,١	٢٢,٢	٣٥,٢	٩,٨	١٠,٨	١,٥	٣,٥	٢,٥	—	١١,٢	٠,٧	٧,٧	١١٢,٢
	عدد أيام المطر	١,٠	٢,٠	٢,٥	١,٥	١,٠	—	١,٠	٠,٥	—	٠,٥	٠,٥	٠,٥	—
نزوى	المتوسط الشهري	١٥,٦	٤٨,٧	١٥,٧	١٢,٩	١١,٤	٦,٠	٣٢,١	١٦,٥	٠,٢	٢,١	—	٤,٣	١٦٥,٥
	عدد أيام المطر	١,٥	٣,٥	٣,٥	٢,٥	١,٥	٢,٠	٥,٠	٣,٥	١,٠	٠,٥	—	١,٠	—
وادي قريات	المتوسط الشهري	١٦,٠	٣٣,٠	٢٢,٧	٢٥,٩	٧,٠	١,٩	١٢,٣	٧,٣	٠,٨	—	—	٣,٥	١٠٣,٤
	عدد أيام المطر	١,٠	٢,٠	١,٥	١,٥	١,٠	٠,٥	١,٥	١,٥	٠,٥	—	—	١,٠	—
الجبل الأخضر (سيق)	المتوسط الشهري	٢١,٦	٥٧,٢	٤٧,١	٢٣,٤	٣٠,١	١٧,٧	٤٢,١	٤٩,٨	١٢,٧	٧,٩	٢,٩	٩,٤	٣٢١,٩
	عدد أيام المطر	٢,٥	٤,٥	٥,٥	٢,٥	٣,٥	٢,٥	٧,٠	٥,٥	٢,٥	٢,٠	١,٠	٢,٠	—

* (أرقام الأمطار لفترة تمتد عشر سنوات حتى ديسمبر سنة ١٩٨٣ في معظم الحالات فيما عدا محطة نزوى فهي ٢١ عاماً، (نصف يوم مطر خلال الشهر يعني سقوط مطر ليوم واحد خلال نفس الشهر مرة كل عامين).

المصدر : وزارة الزراعة والأسماك بسلطنة عمان، الموارد المائية بسلطنة عمان، ١٩٨٦ ص ١٥ .

وبناء على توزيع كمية المطر الساقطة على منطقة سمائل كما يشير اليها الجدول رقم (١) يمكن حساب كمية الجريان السطحي للمياه وأمد تركيزها في الأودية باستخدام المعادلتين رقم (٢)، (٣). وطبقاً لما تقدم بشأن تقسيم الحوض إلى أحواض فرعية (ثانوية) يجب تحديد محطات الأرصاد القريبة من كل قسم من أقسام الحوض. فبالنسبة للأحباس العليا والتي تنتهي عند بلدة «سمائل» يمكن أخذ متوسط كمية المطر الساقطة على كل من «نزوى» و «سيق». أما الأحباس الوسطى والتي تنتهي عند بلدة «بدبد» يمكن أخذ متوسط كمية الأمطار الساقطة على كل من «الرستاق» و «نخل» و «وادي قريات» و «سمائل»، وبالنسبة للأحباس الدنيا والتي تنتهي عند بلدة «فنجا» وكذلك عند بلدة «الخوض» يمكن أخذ كمية الأمطار الساقطة على «الرميس». ولقد أخذ في الاعتبار في اختيار تلك المحطات اتجاه سير العواصف الممطرة وهي تسير في اتجاه من الشمال والشمال الغربي إلى الجنوب والجنوب الشرقي (أنظر شكل رقم ٢) آتية من خليج عمان لتصطدم بسفوح الجبال المواجهة لسهل الباطنة ثم تعبر تلك الجبال وتسقط ما تبقى منها على حوض وادي سمائل. ولقد كان توزيع محطات الرصد المطري يجمع بين السفوح المواجهة للمطر والسفوح التي تقع في ظل المطر. وعند أخذ المتوسط روعي أن تكون محطة في مواجهة المطر وأخرى في ظل المطر. وعليه فإن جدول رقم (٢) يوضح حساب كمية المياه الجارية في الوادي وأمد جريانها وذلك باستخدام المعادلة رقم (٢) والمعادلة رقم (٣).

ويتحكم في كبر حجم الجريان الفيضي بأودية المناطق الجافة مجموعة من العوامل المناخية والسطحية. فلقد وجد بنسون سنة ١٩٦٤ (Benson)[١٣] في تحليلاته الاحصائية لأودية جنوب غرب الولايات المتحدة أنه يمكن

---

(13) Benson, M.A., (1964), **Factors Affecting the Occurrence of Floods in the Southwest,** U.S. Geol. Surv. Water Supply Pap 1580 - D. Quoted in Graf, W.L. (1988), Fluvial Processes in Dryland Rivers.

ايجاد علاقة قوية بين حجم الفيضان وسبعة عوامل هي : مساحة حوض التصريف، كثافة التساقط لفترة محددة من الوقت، انحدار المجرى الرئيسي، طول الحوض، مساحة المستنقعات ومناطق تجمع المياه، نسبة الجريان السطحي إلى كمية التساقط أثناء شهور أعلى كمية فيضان، ثم عدد أيام العواصف المطرية. إلا أنه وجد أن آخر عاملين ليس لهما أهمية مثل باقي العوامل الأخرى.

هذه النتائج تمثل بالفعل أودية المناطق الجافة وتوضح أهمية الجيوموفولوجيا في تحديد خصائص الفيضان. وقد وجد أيضا شبّنْ وبو سنة ١٩٧٧ (Chippen & Bue)[١٤] أن أعلى فيضان يحدث بصفة خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة يحدث في أودية مساحتها أقل من ٢٦٠٠ كم مربع (١٠٠٠ ميل مربع) وأن قلة الغطاء النباتي وعدم وجود تربة على السطح يقلل كثيراً الفترة بين بداية التساقط وحدوث الفيضان. وطبقاً لهذا نجد أن البيانات الموجودة في الجدول رقم (٢) تشير إلى أنه أثناء موسم سقوط الأمطار (من ديسمبر وحتى ابريل) نجد أن أعلى كمية فيضان تحدث خلال شهري فبراير ومارس وينتج متوسط فيضان حوالي ١٥٠٠ متر مكعب / ثانية (٩٠ مليون متر مكعب في فترة تساقط تصل في المتوسط ١٢ ساعة) وذلك في الأحباس العليا والوسطى من الوادي. وكما هو معروف أن فيضانات أودية المناطق الجافة أربعة أنواع هي :

١ ــ فيضانات فجائية — Flash floods

٢ ــ فيضانات ذات قمة واحدة — Single Peak events

٣ ــ فيضانات ذات قمم متعددة — Multiple Peak events

٤ ــ فيضانات موسمية — Seasonal floods

---

(14) Chippen, J. R., and Bue C.D. (1977) **Maximum Floodflows in the Conterminous,** U.S. Geol. Surv. Water Supply Pap. 1887. Quoted in Graf, W.L. (1988), Fluvial Processes in Dryland Rivers.

جـــدول رقم (٢)
المتوسط الشهري والسنوي للمياه الجارية في أحباس الوادي المختلفة*

توزيع المقاطع والأحباس على طول الوادي		يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	مجموع المياه السنوي	المتوسط
الأحباس العليا التي تنتهي عند بلدة «سمـــائل»	كمية المياه الجارية متر مكعب / ثانية	٧٢٦	١٨١٦	١٤٥٣	٦٨٦	٨٠٧	٤٨٤	١٤١٢	١٢٩١	٢٤٢	١٦١	٦٠	٢٦٢	—	—
	حجم المياه الجارية مليون متر مكعب	٢٩	٦٤	٥٨	٢٧	٣٢	١٩	٥٦	٥١	٩	٦	٢	١٠	٣١١,٠٠	٢٥,٩٠
	حجم المياه الجارية فدان / قدم[1]	٢٣٥١٩	٥١٩٠٥	٤٧٠٣٩	٢١٨٩٧	٢٥٩٥٢	١٥٤٠٩	٤٥٤١٧	٤١٣٦٢	٧٢٩٩	٤٨٦٦	١٦٢٢	٨١١٠	—	—
	أمد الجريان (ساعة)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	١١,١١
الأحباس الوسطى التي تنتهي عند بلدة «بدبـــد»	كمية المياه الجارية متر مكعب / ثانية	٦٤٦	١٧٢٤	١١٨٥	٤٧٤	٣٧٧	١٦١	٣٥٠	٢٩٦	٨٠	٦٧٣	٢٩٦	٤٠٤	—	—
	حجم المياه الجارية مليون متر مكعب	٣٩	١٠٥	٧٢	٢٨	٢٣	٩	٢١	١٨	٥	٤١	١٨	٢٤	٤٠٣,٠٠	٣٣,٦٠
	حجم المياه الجارية فدان / قدم[1]	٣١٦٣٠	٨٥١٥٨	٥٨٣٩٤	٢٢٧٠٨	١٨٦٥٣	٧٢٩٩	١٧٠٣١	١٤٥٩٨	٤٠٥٥	٣٣٢٥٢	١٤٥٩٨	١٩٤٦٤	—	—
	أمد الجريان (ساعة)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	١٦,٦٩

تابع جدول رقم (٢)

المتوسط الشهري والسنوي للمياه الجارية في أحباس الوادي المختلفة*

توزيع المقاطع والأحباس على طول الوادي		يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	مجموع المياه السنوي	المتوسط
الأحباس الوسطى التي تنتهي عند بلدة «فنجا»	كمية المياه الجارية متر مكعب / ثانية	١٨٠	٦٤٣	٣٩٣	١٤٠	١٦٧	٣٥	٣	—	—	١٤	١٣	٢٩٦	—	—
	حجم المياه الجارية مليون متر مكعب	١٥	٥٣	٣٢	١١	١٣	٣	—	—	—	١	٩	٢٤	١٦١,٠٠	١٣,٤٠
	حجم المياه الجارية فدان / قدم(١)	١٢١٦٥	٤٢٩٨٤	٢٥٩٥٢	٨٩٢١	١٠٥٤٣	٢٤٣٣	١٦٢	—	—	٨٩٢	٧٢٩٩	١٩٤٦٤	—	—
	أمد الجريان (ساعة)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	٢٢,٩١
الأحباس الدنيا التي تنتهي عند بلدة «الحوض القديم»	كمية المياه الجارية متر مكعب / ثانية	٩٠	٢٣١	١٩٦	٦٩	٨٣	١٧	١	—	—	٧	٥٦	١٤٧	—	—
	حجم المياه الجارية مليون متر مكعب	٣	١٠	٦	٢	٣	١	—	—	—	—	٢	٥	٣١,٥٠	٢,٦٠
	حجم المياه الجارية فدان / قدم(١)	٢٣٥١	٨١١٠	٤٨٦٦	١٦٢٢	٢٤٣٣	٤٨٦	—	—	—	—	١٤٥٩	٤٠٥٥	—	—
	أمد الجريان (ساعة)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	٨,٩٦

(١) أفدنة من الأرض مغطاة بعمق قدم واحد من المياه = ١٢٣٣ متر مكعب من المياه (فدان / قدم = ١٢٣٣ متر مكعب).

* الجدول من عمل الباحث باستخدام الحاسب الآلي اعتماداً على بيانات الجدول رقم (١) واستخدام المعادلتين رقم (١) ورقم (٢).

فالفيضانات الفجائية تحدث من الأودية الصغيرة المساحة وهي عـارمة تكسـح كل شيء أمـامها وتحـدث بسرعة وتنتهي بسرعـة . أمـا الفيضـانـات الموسمية فـإنها تحدث لأنهار كـبرى منابعهـا في أقليم مناخي آخـر (مثـل نهر النيل) . وبالنسبة للفيضانات ذات القمة الواحدة فهي أطول من الفيضانات الفجـائية فهي تستمـر لعدة سـاعات وربمـا أيام (Ward, 1978,P. 19.)[١٥] . فهي تحدث إما بسبب العواصف المداريـة أو العواصف التي تحـدث في فصل الشتاء (أقليم البحر المتوسط) . كما أنها تؤثر على آلاف الكيلومترات المربعـة . وأقرب مثال على ذلك فيضان وادي العريش بشـمال سيناء سنـة ١٩٧٥ حين تعـرض لعاصفـة ممطرة استمـرت يومـين وأنتجت فيضانـاً ضخماً وصـل إلى ١٦٥٠ متر مكعب في الثانية (Gilead, 1975)[١٦] . وطبقاً للبيـانات المـوضحة في الجدول رقم (٢) فإن وادي سمائل هـو من هذا النـوع ذي القمة الـواحدة (Single Peak Flood) .

٢ ـ تحديد نسبة التسرب :

تضيع كميات كبـيرة من المياه الجـارية في أوديـة الأراضي الجافـة وشبه الجافة عن طريق البخر والتسرب خلال الرواسب الفيضية . فبالنسبة للأودية الصغـيرة لا تستمر الميـاه فترة كبـيرة من الوقت كـما يكون الفـاقد عن طـريق البخر كبيراً . أما الأودية الكبيرة نسبياً فإن البخر يكون عالياً حتى أنه يؤثر على انخفاض كمية الميـاه في الأحباس الـدنيا من المجـرى . وعلى طـول المجاري الوقتية الجريان في الأراضي الجافة وشبـه الجافـة تتسرب المياه أيضـاً بكميات كبـيرة خـلال الـرواسب الفيضيـة حتى أنها تخفض من منسـوب الفيضـان

---

(15) Ward, R., (1978), **Floods : A Geographical Perspective.** John Wiley and Sons, New York, p. 19. Quoted in Graf, W.L. (1988), Fluvial Processes in Dryland Rivers.

(16) Gilead D. (1975) **A Preliminary Hydrological Appraisal of the Wadi El-Arish Flood 1975,** Mimeogr. Rep. Israel, Hydrol. Surv. Jerusalem. Quoted in Graf, W.L. (1988), Fluvial Processes in Dryland rivers.

وحجمه في الأحباس الدنيا. هذا الفاقد يكون كبيراً أحياناً حتى أن الجريـان المائي يتلاشى بالاتجاه نحو المصب. هذا الفاقد الكبير للمياه بالتسرب خلال الرواسب التي تملأ قيعان الأودية يعتبر ذا قيمة عـالية لأنـه يقوم بتغـذية الميـاه الجوفية. وتشير الاحصاءات التي نشرتهـا الفاو في تقـريرهـا الميداني رقم (٧) لسنة ١٩٨٣م عن سد الخوض إلى أن فيضان مارس سنة ١٩٧٨م في منـطقة السد وصل في المتوسط حوالي ٦ مليون متر مكعب تسرب منها أكثر من ٤٠٪ من المياه في الرواسب الفيضية اذا اعتبرنا أن المياه التي انتشرت بمنـطقة السـد على مساحات واسعة سـاعدت عـلى زيادة البخـر والتي قدرت بفـاقد حـوالي ٢٥٪ وعليـه كان حجم المياه الواصلة إلى البحـر لا يتعدى ٢,٣ مليـون متر مكعب. ولقد كان في العام السابق مباشرة سنة ١٩٧٧م متـوسط حجم المياه الجـاريـة عــلى السـطح ٢,٨ مليــون متر مكعب وصــل منهـا إلى البحــر ٠,٦ مليون متر مكعب فقط. فالفيضانات بأودية المناطق الجاف وشبه الجافة تجري على كميـات كبيرة من الـرواسب الفيضية التي تمـلأ قيعانها وينتـج عن ذلك فقد كبـير لها. ويؤكـد صحة ذلـك أن نهر سالت (Salt River) في وسط ولاية أريزونـا فاض في سنـة ١٩٦٦م ١٩٠٠ متر مكعب في الثـانية عـلى قاع جاف ولعـدة أسابيـع، فقـد منهــا ٢٩٪ في بـاطن الأرض (Aldridge, 1970)[١٦]. وفي سنـــة ١٩٧٨ حــدث فيضــان آخـر في نفس النهـر وصـل إلى ٣٥٠٠ متر مكعب في الثانيـة استمر عـدة أيام تسرب منهـا ١٧٪ فقط. وهذا يعني أن نسبة التسرب تقل بزيادة حجم التصريف، ولكن لا يعني أن الكمية المتسربة أقل في المرة الثانيـة عن الأولى بل العكس. فـالنسبة هنـا تعني نسبة الميــاه المتسربــة من حجم الفـيضان الـفعلي (Aldridge & Eychanar, 1984)[١٨].

---

(17) Aldrige B.N. (1970) **Floods of November 1965 to January 1966 in the Gila River Basin, Arizona and New Mexico, and Adjacent Basins in arizona,** U.S. Geol. Surv. Water Supply Pap. 1850-C. Quoted in Graf, W.L. (1988), Fluvial Processes in Dryland Rivers.

(18) Aldridge, B.N. and Eychaner, J.H., (1984) **Floods of October 1977 in Southern Arizona and March 1978 in Central Arizona,** U.S. Geol. Surv. Water Supply Pap. 2223. Quoted in Graf, W. L. (1988), Fluvial processes in Dryland Rivers.

ولقد اقترح عـدد من الباحثـين عدة وسـائل لحسـاب الفاقـد من المياه السطحية في الرواسب الفيضية بقيعـان الأودية التي يصـل مساحتهـا إلى أقل من ١٠٠٠ كيلومتر مربع. فاقـترح بوركهـام (Burkham, 1970, b) ومصلحة الأراضي بالولايات المتحدة سنة ١٩٧٢م معادلة بسيطة تحسب بها الفاقـد من المياه في باطن الأرض. كما حدد لين (Lane, 1972)، وُوْ (Wu, 1972) وبيبلس (Peebles, 1975) نموذجاً لأودية بها خزانات أمام السدود. ولكن لـين (Lane) سنـة ١٩٨٠، سنة ١٩٨٥ أقـر معادلـة تعتبر من أبسط المعـادلات التي يمكن استخدامها في ذلك[١٩]:

$$V(x,w) = a(x,w) + b(x,w)\,V_{up} + F(x,w)\,V_{lat}/x. \quad (٤)$$

حيث V (x,w) = حجم التصريف عنـد المصب لمجرى بـطول (x). وبعرض (w).

V up = حجم المياه المتجمعة من المساحة القـابضة للمـطر ودخلت المجرى،

V lat/x = حجم المياه الـواردة من الـروافـد الجـانبيـة للمجـرى الرئيسي،

a (x,w)،

b (x,w) = عبارة عن ثوابت كل منها يخص منطقة معينـة من أحباس F (xw) الوادي

---

(19) Burkham, D.E. (1970), **Depletion of Streamflow by Infiltration in the Main Channels of the Tucson Basin Southeastern Arizona,** U.S. Geol. Surv. Water-Supply Pap. 1939-B. Quoted in Graf, W.L. (1988), Fluvial Processes in Dryland Rivers.

Lane, L.J. (1972), **A Proposed Model for Flood Routing in Abstracting Ephemeral Channels.** Proc. Hydrol. and Water Res. Arizona SW 2: 439-453. Quoted in Graf, W.L. (1988), Fluvial Processes in Dryland Rivers.

وتحديد ثوابت احباس المجرى اعتمد على كثير من الدراسات التجريبية وملاحظات من الطبيعة في أودية بالمناطق الجافة وشبه الجافة. فبالنسبة للثوابت بالمعادلة هي على النحو التالي:

$$a(x,w) = (a(1-b)^{-1})(1-e^{-kxw}) \quad (٥)$$

حيث e = عبارة عن اللوغريتم الطبيعي وعليه تكون:

$$a = -0.00465\,KD \quad (٦)$$

حيث a = عبارة عن ثابت في المعادلة الأولى.

و D = أمد الجريان (بالساعة).

و K = تقاس بالبوصة / ساعة وتسمى (Effective Hydraulic Conductivity) بالقدرة على التوصيل المائي، ويمكن الحصول عليها من جدول خاص.

و k = $(ft/mi)^{-1}$ decay factor معامل التناقص وتحدد كالآتي:

$$k = -1.09 \ln(1-(0.0054\,KD)/V) \quad (٧)$$

حيث V = متوسط حجم التصريف (فدان مغمور بالمياه بعمق واحد قدم) acre / feet كما أن أول ثابت بالمعادلة رقم (٤) يحسب بالمعادلة التالية:

$$b(x,w) = e^{-kxw} \quad (٨)$$

وثاني ثابت بالمعادلة رقم (٤) يحسب بالمعادلة التالية، أو يكون صفر بالنسبة للأودية القصيرة أو التي ليس لها روافد جانبية من المنبع إلى المصب.

$$F(x,w) = (1-e^{-kxw})(KW) \quad (٩)$$

ويعتبر تقدير قيمة K من أهم العوامل بالمعادلة لأنه يصعب قياسها في الطبيعة. إلا أن لين Lane ولسن (Wilson)[٢٠] سنة ١٩٨٠. استطاعا تحديد قيمة K بعد اجراء عدة تجارب معملية وهي على النحو التالي:

١ ـ بالنسبة للحصى النظيف والرمل الخشن (أكبر من ٢ مم) تكون نسبة الفاقد فيه عالية جداً = > ٥ بوصة / ساعة.
٢ ـ بالنسبة للرمل النظيف والحصى في حقول مزروعة (أكبر من ٢ مم) تكون نسبة الفاقد فيه عالية جداً = ٢ إلى ٥ بوصة / ساعة.
٣ ـ بالنسبة للرمل والحصى المخلوط بنسبة خفيفة من الطمى والطين تكون نسبة الفاقد فيه متوسطة إلى عالية = ١ إلى ٣ بوصة / ساعة.
٤ ـ بالنسبة للرمل والحصى المخلوط بنسب عالية من الطمى والطين تكون نسبة الفاقد فيه متوسطة = ٢٥, ٠ إلى ٠٠, ١ بوصة / ساعة.
٥ ـ مواد متماسكة تحتوي على نسبة عالية من الطمى والطين تكون نسبة الفاقد فيه منخفضة = ٠٠١, ٠ إلى ١, ٠ بوصة / ساعة.

وفي دراسة لدانسر وزيمرمان[٢١] Dancer and Zimmerman تتضمن قياسات لدرجات الحرارة والرطوبة وتوزيع حجم جزئيات الرواسب الهوائية لمنطقة الكثبان الرملية في الدهناء (Dahna) (١٠٠ كيلو متر إلى الشرق من مدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية) حيث معدل التساقط السنوي ٨٠ مم، وجد أن معدل تغذية الخزان الجوفي خلال الفترة من ١٩٦٤ إلى ١٩٧٢ كان ٢٥٪ من المتوسط السنوي للمطر. إلا أن الدراسة لم تستطع أن

---

(20) Wilson, L.G., DeCook, K.J., and Neuman, S.P.,)1980), **Final Report : Regional Recharge Research for Southwest Alluvial Basins.** Water Resources Res. Center Dept. Hydrol. Water Resources Tucson. Quoted in Graf, W.L. (1988), Fluvial Processes in Dryland Rivers.

(21) Dancer, D.J., and Zimmerman, W.L. (1975) **Sand Dunnes in Dahna Region in Saudi Arabia,** Quoted in Graf, W.L. (1988), Fluvial Processes in Dryland rivers.

توضح ما إذا كانت الكمية كلها تذهب إلى الخزان الجوفي أم أن هناك مفقودات أخرى. وفي حالة وادي سمائل لا توجد كثبان رملية على الإطلاق. ووجد أن معدل التسرب في بعض أجزاء الوادي يكون أكثر من معدله على الكثبان الرملية. وفي أجزاء أخرى حيث تظهر على السطح مواد شديدة التماسك تمنع التسرب في التربة. وهذا يوجد على سطح الرواسب الفيضية بطول الوادي حيث توجد رقائق من المواد المتماسكة تعزل بين سطح قاع الوادي والخزان الجوفي. فلقد أوضحت الحسابات أن معدل التسرب أقل من ٢٠٪ في هذه الحالة. ومن أجل أن نكون في الجانب السليم فإن ما يصل إلى المياه الجوفية يجب أن يتراوح ما بين ٥٪ إلى ١٥٪ من مجموع التساقط. ولكن يبقى بعد ذلك سؤال مهم هو أين تذهب الكمية الباقية من المياه الساقطة؟. إلى الآن لم تجر أية قياسات للمياه السطحية في أجزاء الوادي إلا عند بلدة الخوض من أجل انشاء السد في منطقة الدلتا. فالمياه تمر سطحياً على الخزان الجوفي في أحباسه العليا والوسطى في أمد قصير وعلى فترات متقطعة خلال العام. ومن المعروف أن معدل التسرب يعتمد أساساً علىى شدة تركيز الفيضان والمساحة التي يغطيها من الأرض (بعمق واحد قدم acre feet /)، وأمد الفيضان، وانحدار مجرى الوادي والنبات الطبيعي إن وجد، والتركيب الجيولوجي، والتربة. ونحن نستطيع أن نقدر نسبة التسرب إذا أخذنا في الاعتبار كل هذه العوامل المتشابكة وطبقاً للبيانات المحسوبة في الجدول رقم (٣) باستخدام المعادلة رقم (٤).

جـدول رقـم (٣)

حجم المياه الواردة إلى المجرى ونسبة الفاقد منها بالتسرب

القطاع	الشهر	متوسط عرض المجرى بالمتر	متوسط عمق المجرى بالمتر	حجم المياه الواردة فدان / قدم	حجم المياه الخارجة من القطاع فدان / قدم	مقدار الفاقد فدان / قدم	نسبة التسرب ٪
الأحبـــاس	١	٥٠	١,٠	٢٣٥١٩	٢٢٧٠٥	٨١٥	٣,٤٦
العليـــا	٢			٩٧٣٢	٨٩٤١	٧٩٢	٨,١٣
التي تنتهي	٣			٤٧٠٣٩	٤٦٢١٣	٨٢٧	١,٧٥
عنـد بلـدة	٤			٢١٨٩٧	٢١٠٨٧	٨١١	٣,٧١
«سمائـل»	٥			٢٥٩٥٢	٢٥١٣٦	٦١٨	٣,١٤
	٦			١٥٤٠٩	١٤٦٠٥	٨٠٥	٥,٢٢
	٧			٤٥٤١٧	٤٤٦٠٣	٨١٥	١,٧٩
	٨			٤١٣٦٢	٤٠٥٤٢	٨٢١	١,٩٨
	٩			٧٢٩٩	٦٥١٨	٧٨١	١٠,٦٩
	١٠			٤٨٦٦	١٤٠٦	٧٦٠	١٥,٦٠
	١١			١٦٢٢	٩٧٥	٦٤٨	٣٩,٨٩
	١٢			٨١١٠	٧٣٢٦	٧٨٥	٩,٦٧
الأحبـــاس	١	١٠٠	١,٥	٣١٦٣٠	٢٨٧٧٩	٢٨٥١	٩,٠١
الوسطـى	٢			٨٥١٥٨	٨٢٢٠١	٢٩٥٧	٣,٤٧
التي تنتهي	٣			٥٨٣٩٤	٥٥٤٧٨	٢٩١٦	٤,٩٩
عنـد بلـدة	٤			٢٢٧٠٨	١٩٩١٩	٢٧٨٩	١٢,٢٨
«بدبـــد»	٥			١٨٦٥٣	١٥٩٠٢	٢٧٥١	١٤,٧٤
	٦			٧٢٩٩	٤٨٥٢	٢٤٤٧	٣٣,٥١
	٧			١٧٠٣١	١٤٢٩٧	٢٧٤٣	١٦,٠٥
	٨			١٤٥٩٨	١١٩٠٤	٢٦٩٤	١٨,٤٥
	٩			٤٠٥٥	١٩٤٦	٢١٠٩	٥١,٩٩
	١٠			٣٣٢٥٢	٣٠٣٩٨	٢٨٠٤	٨,٥٨
	١١			١٤٥٩٨	١١٩٠٤	٢٦٩٤	١٨,٤٥
	١٢			١٩٤٦٤	١٦٧٠٦	٢٧٥٨	١٤,١٧

تابع جدول رقم (٣)

حجم المياه الواردة إلى المجرى ونسبة الفاقد منها بالتسرب

القطاع	الشهر	متوسط عرض المجرى بالمتر	متوسط عمق المجرى بالمتر	حجم المياه الواردة فدان / قدم	حجم المياه الخارجة من القطاع فدان / قدم	مقدار الفاقد فدان / قدم	نسبة التسرب ٪
الأحباس	١	١٠٠	١,٥	١٢١٦٥	٨٢٢٠	٣٩٤٥	٣٢,٤٢
الوسطى	٢			٤٢٩٨٢	٣٨٤٧٩	٤٥٠٥	١٠,٤٧
التي تنتهي	٣			٢٥٩٥٢	٢١٥٩٣	٤٣٥٨	١٦,٧٩
عند بلدة	٤			٨٩٢١	٥٢٢٩	٣٦٩٢	٤١,٣٨
«فنجا»	٥			١٠٥٤٣	٦٧٠٨	٣٨٣٥	٣٦,٣٧
	٦			٢٤٣٣	٣٤٢	٢٠٩١	٨٥,٩١
	٧			١٦٢	—	١٦٢	١٠٠,٠٠
	٨			—	—	—	—
	٩			—	—	—	—
	١٠			٨٩٢	٤	٨٨٩	٩٩,٥٨
	١١			٧٢٩٩	٣٨٠٠	٣٤٩٩	٤٧,٩٣
	١٢			١٩٤٦٤	١٥٢٣٧	٤٢٢٧	٢١,٧١
الأحباس	١	١٠٠	١,٥	٢٣٥١	١٩٨٣	٣٦٧	١٥,٦٤
الدنيا	٢			٨١١٠	٧٧١٩	٣٩١	٤,٨١
التي تنتهي	٣			٤٨٦٦	٤٤٨٢	٣٨٤	٧,٨٨
عند بلدة	٤			١٦٢٢	١٢٦٧	٣٥٥	٢١,٨٥
«الخوض القديم»	٥			٢٤٣٣	٢٠٦٤	٣٦٩	١٥,١٦
	٦			٤٨٦	٢١٣	٢٧٣	٥٦,١١
	٧			٣٢	—	٣٢	١٠٠,٠٠
	٨			—	—	—	—
	٩			—	—	—	—
	١٠			١٦٢	١٣	١٤٩	٩١,٦٦
	١١			١٤٥٩	١١٠٩	٣٥٠	٢٣,٩٧
	١٢			٤٠٥٥	٣٦٧٣	٣٨٢	٩,٤١

* الجدول من عمل الباحث باستخدام الحاسب الآلي اعتماداً على البيانات الواردة بالجدول رقم (١) باستخدام المعادلات ٢ ، ٣ ، ٤ .

ويوضح الجدول رقم (٣) أن نسبة التسرب تعتمد إلى حد كبير على حجم المياه الواردة إلى أرض الوادي (المجرى) فكلما كان حجم المياه الواردة قليلا كانت نسبة التسرب عالية بالنسبة لأقل كمية مياه كما هو مشار إليه في الجدول إلى ١٠٠٪، وبالنسبة لأكبر كمية مياه تصل نسبة التسرب إلى أقل من ١٠٪، ولكن هذا لا يعني أن حجم المياه المتسربة تكون بنفس النسبة دائماً. فحجم المياه المتسربة في الرواسب الفيضية يزداد طبعاً كلما زاد الفيضان والعكس صحيح. وأيضاً فإن الجريان السطحي يزداد كلما كان حجم المياه الواردة إلى المجرى كبيراً بغض النظر عن العوامل الأخرى مثل التربة والغطاء النباتي والانحدار.. الخ، فكل هذه العوامل لها أثر طفيف اذا ما قورن بأثر أمد الفيضان وحجمه. فالنبات الطبيعي يكاد يكون منعدماً والتربة تتميز بخصائص واحدة على طول الوادي، فهي تتكون من الحصى النظيف والرمل الخشن والفتات الصخري المتساقط من جوانب الوادي. أما الانحدار فلا يختلف كثيراً على امتداد قاع الوادي اذا نظرنا إلى المجرى فحسب. فالمجرى غير محدد المعالم في بطن الوادي لأن بطن الوادي يفترش بالرواسب الفيضية الخشنة والحصى ويزيد سمكه في بعض المواقع (عند بلدة بدبد) إلى ستة أمتار.

ولقد قام الباحث بالتحقق من وجود علاقة بين حجم المياه الواردة إلى المجرى بالمتر المكعب وخصائص الحوض الجيومورفولوجية من ناحية وخصائص العاصفة الممطرة من ناحية أخرى. كما طبق نفس الأسلوب للتحقق من وجود علاقة بين نسبة التسرب من الفيضان إلى المياه الجوفية وخصائص الوادي من ناحية وخصائص الفيضان من ناحية أخرى. ولقد استخدم تحليل الانحدار التتابعي البنائي المتدرج Forward Stepwise Regression في خطوات مستقلة وذلك للبحث عن أهم العوامل المؤثرة في حجم التصريف وكذلك نسبة التسرب. فالمتغيرات التي لها علاقة قوية ذات الدلالة التي أخذت في الاعتبار هي تلك التي توافرت فيها شروط الدلالة الاحصائية المقبولة لقيمة (ف) للتباين المفسر وروعي أن تكون الزيادة في

جدول رقم (٤)

الخصائص الجيومورفولوجية وعلاقتها بحجم المياه الواردة إلى المجرى ونسبة التسرب

القطاع	الشهر	مساحة الحوض كم مربع	معدل انحدار المجرى الرئيسي	نسبة التضرس	كثافة التصريف كم / كم مربع	أمد التساقط (ساعة)	كمية التساقط ملليمتر	أمد الجريان (ساعة)	حجم التصريف م مكعب / ث	مجموع المياه الواردة إلى المجرى بالمتر المكعب	نسبة التسرب ٪
الأحباس العليا التي تنتهي عند بلدة «سمائل»	١	٤٨٤	٠,٠٥	٠,٠٦	٢,٥٨	٤٨	١٧	١١,١١	٧٢٦	٢٣٤١٩	٣,٤٦
	٢					٩٦	٥٢		١٨١٦	٩٦٣٢	٨,١٣
	٣					١٠٨	٣١		١٤٥٣	٤٧٠٣٩	١,٧٥
	٤					٧٢	١٨		٦٨٦	٢١٨٩٧	٣,٧٠
	٥					٦٠	٢١		٨٠٧	٢٥٩٥٢	٣,١٤
	٦					٥٤	١٢		٤٨٤	١٠٤٠٩	٥,٢٢
	٧					١٤٤	٣٧		١٤١٢	٤٥٤١٧	١,٧٩
	٨					١٠٨	٣٢		١٢٩١	٤١٣٦٢	١,٩٨
	٩					٤٢	٦		٢٤٢	٧٢٩٩	١٠,٦٩
	١٠					٣٠	٥		١٦١	٤٨٦٦	١٥,٦٠
	١١					١٢	٢		٦٠	١٦٢٢	٣٩,٨٩
	١٢					٣٦	٧		٢٦٢	٨١١٠	٩,٦٧

جدول رقم (٤)

تابع الخصائص الجيومورفولوجية وعلاقتها بحجم المياه الواردة إلى المجرى ونسبة التسرب

القطاع	الشهر	مساحة الحوض كم مربع	معدل انحدار المجرى الرئيسي	نسبة التضرس	كثافة التصريف كم / كم مربع	أمد التساقط (ساعة)	كمية التساقط ملليمتر	أمد الجريان (ساعة)	حجم التصريف م مكعب / ث	مجموع المياه الواردة إلى المجرى بالمتر المكعب	نسبة التسرب ٪
الأحباس الوسطى التي تنتهي عند بلدة «بدبد»	١	٦٤٦	٠,٠٢	٠,٠٤	٢,٢١	٣٣	١٣	١٦,٦٩	٦٤٦	٣١٦٣٠	٩,٠١
	٢					٦٠	٣٢		١٧٢٤	٨٥١٥٨	٣,٤٧
	٣					٦٠	٢٦		١١٨٥	٥٨٣٩٤	٤,٩٩
	٤					٣٩	١٤		٤٧٤	٢٢٧٠٨	١٢,٢٧
	٥					١٨	٨		٣٧٧	١٨٦٥٣	١٤,٧٤
	٦					٦	٣		١٦١	٧٢٩٩	٣٣,٥١
	٧					٢٧	٧		٣٥٠	١٧٠٣١	١٦,٠٥
	٨					٢١	٦		٢٩٦	١٤٥٩٨	١٨,٤٥
	٩					١٢	٢		٨٠	٤٠٥٥	٥١,٩٩
	١٠					٢٧	١٤		٣٧٣	٣٣٢٥٢	٨,٥٨
	١١					١٥	٥		٢٩٦	١٤٥٩٨	١٨,٤٥
	١٢					٤٢	٧		٤٠٤	١٩٤٦٤	١٤,١٦

الأحباس	١	٣٢٣	٠,٠١	٠,٠٣	٢,٨١	٢٤	٧	٢٢,٩١	١٨٠	١٢١٦٥	٣٢,٤٣
الوسطى	٢					٢٤	٢٤		٦٤٣	٤٢٩٨٤	١٠,٤٧
التي تنتهي	٣					٣٦	١٥		٣٩٣	٢٥٩٥٢	١٦,٧٩
عند بلدة	٤					١٢	٥		١٤٠	٨٩٢١	٤١,٣٨
«فنجا»	٥					١٢	٦		١٦٧	١٠٥٤٣	٣٦,٣٧
	٦					٢	١		٣٥	٢٤٣٣	٨٥,٩١
	٧					١	—		٢	١٦٢	١٠٠,٠٠
	٨					—	—		—	—	—
	٩					—	—		—	—	—
	١٠					٢,٥	١		١٤	٨٩٢	٩٩,٥٨
	١١					١٢	٤		١١٣	٧٢٩٩	٤٧,٩٣
	١٢					٧٢	١١		٢٩٧	١٩٤٦٤	٢١,٧٢
الأحباس	١	١٦١	٠,٠٢	٠,٠٢	٠,٥٣	٢٤	٧	٨,٩٦	٩٠	٢٣٥١	١٥,٦٤
الدنيا	٢					٢٤	٢٤		٣٢٠	٨١١٠	٤,٨١
التي تنتهي	٣					٣٦	١٥		١٩٦	٤٨٦٦	٧,٨٨
عند بلدة	٤					٣٦	١٥		١٩٦	٤٨٦٦	٧,٨٨
«الخوض القديم»	٥					١٢	٥		٦٩	١٦٢٢	٢١,٨٥
	٦					٢	١		١٧	٤٨٦	٥٦,١٢
	٧					١,٥	—		—	٣٢	١٠٠,٠٠
	٨					—	—		—	—	—
	٩					—	—		—	—	—
	١٠					٢,٥	١		٦	١٦٢	٩١,٦٦
	١١					١٢	٤		٥٦	١٤٥٩	٢٣,٩٨
	١٢					٧٢	١١		١٤٧	٤٠٥٥	٩,٤١

* الجدول من عمل الباحث باستخدام الجدول رقم (٣) وقياسات من الخرائط الطبوغرافية ١/ ١٠٠,٠٠٠

قيمة التباين للمتغير المضاف في تحليل الانحدار المتدرج Stepwise لا تقل عن ٢٪.

أشارت النتائج إلى أن أكثر العوامل دلالة على التنبؤ بحجم المياه الواردة إلى المجرى هي كمية التساقط ثم خصائص الحوض الجيومورفولوجية. كما تشير النتائج التالية إلى أن قيم التباين المفسر Explained Variance (R^2) (يسمى كذلك معامل التحديد Coefficient of determination وهي عبارة عن مربع معامل الارتباط بين العامل التابع والعامل المنبىء) بخصائص حوض التصريف وخصائص العاصفة مرتفعة جدا.

المتغير	التباين المفسر R^2	قيمة الزيادة في التباين المفسر	قيمة معامل الانحدار	ف F	مستوى الدلالة
كمية التساقط	٠,٤٦	–	٨٩٩,٠٨	٣٩,٥٢	٠,٠٠٠١
مساحة حوض التصريف	٠,٦٠	٠,١٤	٣٧,٢٣	٣٣,١٨	٠,٠٠٠١

المعادلة النهائية =

حجم المياه الواردة إلى الوادي = – ٩٦٨٢,٢٢

+ ٨٩٩,٠٨ كمية التساقط

+ ٣٧,٢٣ مساحة الحوض

ويلاحظ من هذه النتائج أن قيم معاملات الانحدار لعوامل التنبؤ ذات الدلالة هي قيم ايجابية وهذا يعني أن كمية التساقط ومساحة حوض التصريف تزيد من حجم المياه الواردة إلى المجرى، وأن هاذين العاملين فقط يعتبران أكثر العوامل تأثيراً على حجم الفيضان عن باقي العوامل الأخرى التي أدخلت في التحليل الاحصائي ويتضح ذلك من مصفوفة العلاقات على النحو التالي:

مصفوفة العلاقات

	قطاع الوادي	الشهر	كمية المياه	حجم التصريف	أمد التساقط	كمية التساقط	أمد الجريان	نسبة التسرب	كثافة التصريف	نسبة التضرس	انحدار الحوض	انحدار المجرى	مساحة الحوض
قطاع الوادي	١,٠٠												
الشهر	٠٠٠٠	١,٠٠											
كمية المياه	-٠,٤٦	-٠,٣٧	١,٠٠										
حجم التصريف	-٠,٥٨	-٠,٤٢	٠,٨٢	١,٠٠									
أمد التساقط	-٠,٥٥	-٠,١٨	٠,٦٢	٠,٨٣	١,٠٠								
كمية التساقط	-٠,٤٤	-٠,٤٨	٠,٦٩	٠,٩٣	٠,٨٤	١,٠٠							
أمد الجريان	٠٠٠٠	٠٠٠٠	٠,١١	-٠,١٣	-٠,٢٦	-٠,١٩	١,٠٠						
نسبة التسرب	٠,٤٩	٠,٣٣	-٠,٥٥	-٠,٥٨	-٠,٦٦	-٠,٦٥	٠,٢٦	١,٠٠					
كثافة التصريف	-٠,٦٩	٠٠٠٠	٠,٣٤	٠,٣١	٠,٢٤	٠,١٨	٠,٦٩	-٠,١٢	١,٠٠				
نسبة التضرس	-٠,٩٨	٠٠٠٠	٠,٤٠	٠,٥٨	٠,٦٠	٠,٤٦	-٠,١٢	-٠,٤٩	٠,٦٢	١,٠٠			
انحدار الحوض	-٠,٠٤	٠٠٠٠	٠,١١	٠,١١	-٠,٢٣	-٠,١٨	٠,٩٩	٠,٢٥	٠,٧٢	-٠,٠٧	١,٠٠		
انحدار المجرى	-٠,٧٥	٠٠٠٠	٠,٢٠	٠,٥٠	-٠,٥٦	٠,٤٦	-٠,٦٠	-٠,٤٧	٠,١٦	٠,٨٤	-٠,٥٦	١,٠٠	
مساحة الحوض	-٠,٨٠	-٠,٤٧	٠,٥٣	٠,٤٦	٠,٢٤	٠,٢٧	٠,٢٤	-٠,٤٣	٠,٦٠	٠,٦٨	٠,٢٤	٠,٣٠	١,٠٠

أما نتائج التنبؤ بنسبة التسرب من متغيرات خصائص الحوض وخصائص العاصفة الممطرة فقد تبين من نتائج تحليل الانحدار التتابعي أن عاملي أمد التساقط (Rainfall duration) وكذلك مساحة الحوض لهما علاقة قوية كما توضحها النتائج التالية:

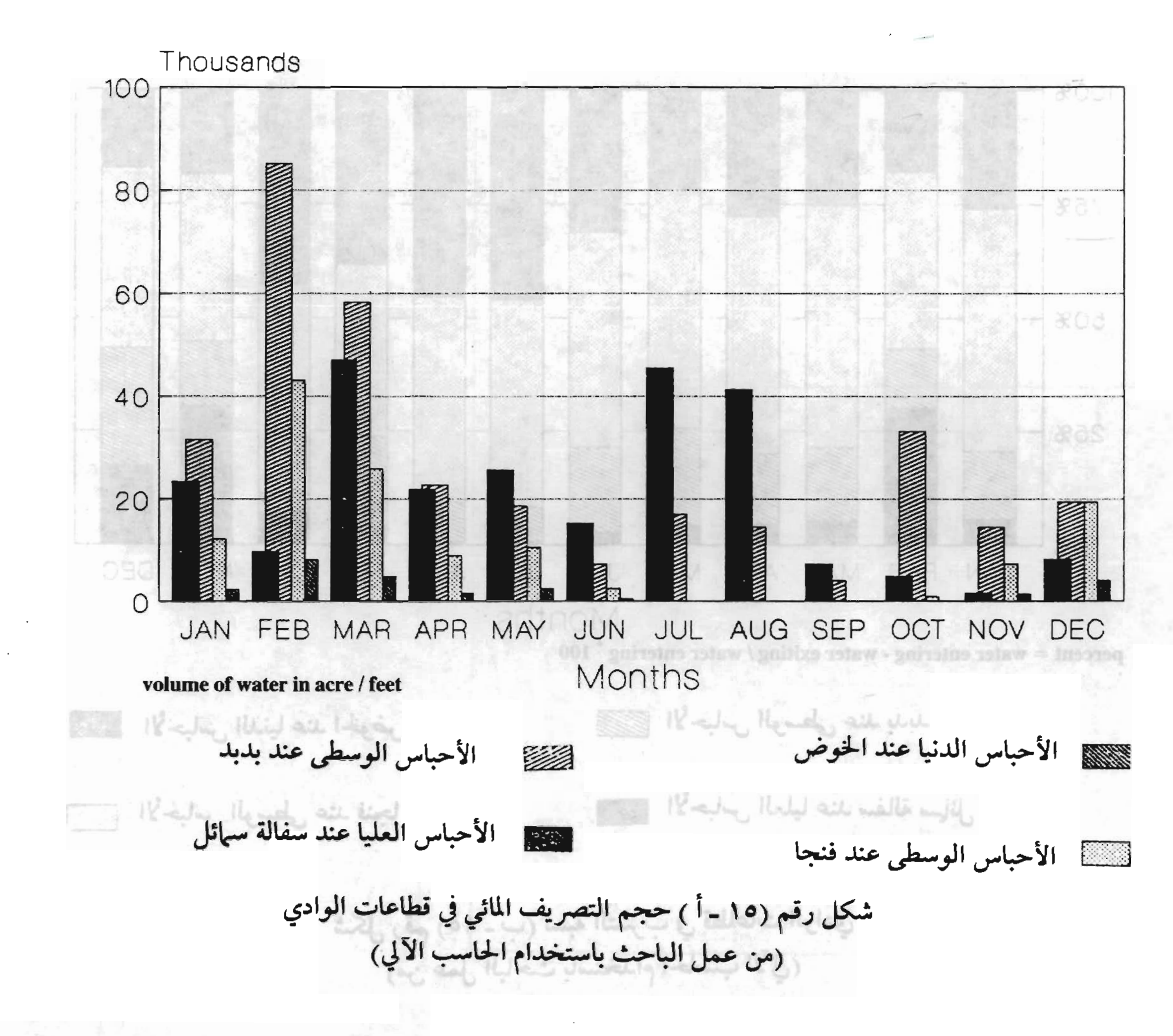
المتغير	التباين المفسر R^2	قيمة الزيادة في التباين المفسر	قيمة معامل الانحدار	ف F	مستوى الدلالة
أمد التساقط	٠,٤٣	—	- ٠,٦٠٥	٣٤,٠٠	٠,٠٠٠٠١
مساحة حوض التصريف	٠,٤٩	٠,٠٧	- ٠,٠٥	٢١,٦٢	٠,٠٠٠٠١

المعادلة النهائية = نسبة التسرب = ٧٢ر٥١

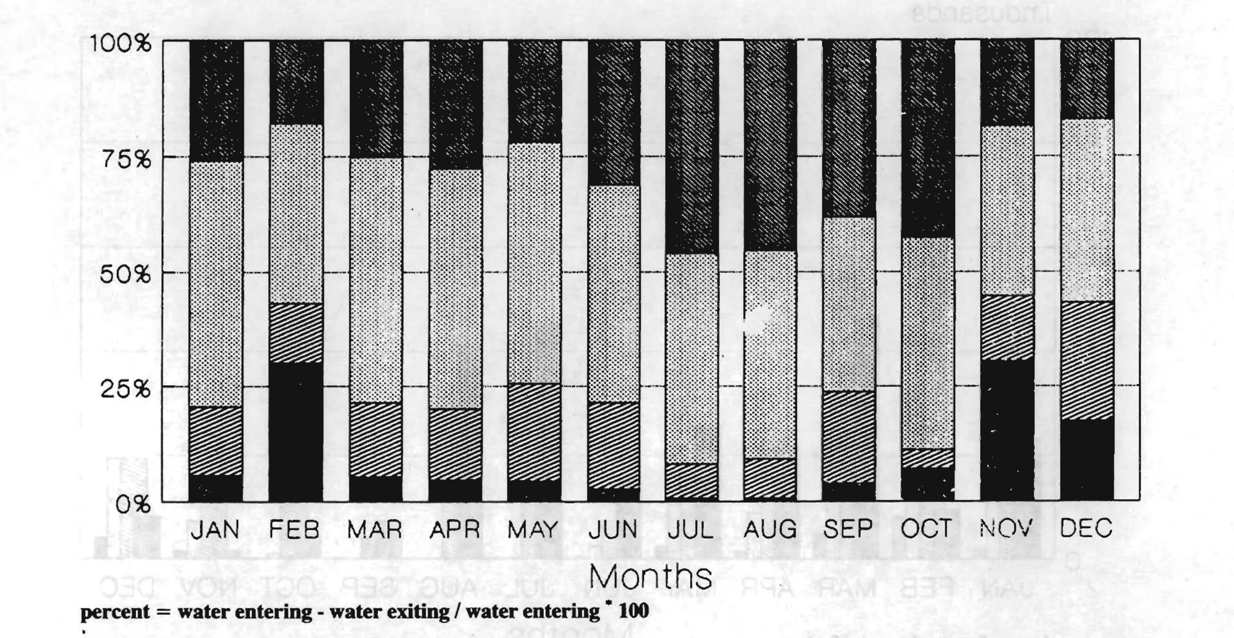
ـ ٦٠٥ر٠ أمد التساقط

ـ ٠٥ر٠ مساحة الحوض

ويلاحظ من هذه النتائج أن قيم معاملات الانحدار لعوامل التنبؤ ذات الدلالة هي قيمة سالبة، وهذا يعني أن نسبة التسرب تقل كلما زاد أمد التساقط وكلما كان الحوض كبيراً. أي أن زيادة أمد التساقط يشير إلى أن نسبة التسرب تقل مع الوقت ومع مزيد من المياه الواردة إلى المجرى. أما بالنسبة لمساحة الحوض فلقد أشارة التحليلات إلى أن العلاقة سالبة بمعنى أن كبر المساحة يجمع مزيداً من المياه الواردة إلى المجرى الرئيسي ويقلل بالتالي نسبة التسرب بعد أن تتشبع الرواسب الفيضية بالمياه وتكون الفراغات البينية قد امتلأت بالمياه. اذا نستطيع أن نقول أن نسبة التسرب في الرواسب الفيضية تقل بزيادة أمد الفيضان، وبالتالي يزيد حجمه ولكن في الواقع أن كمية المياه المتسربة إلى الماء الجوفي أكبر عنها في حالة قصر أمد الفيضان وصغر حجمه (أنظر شكل رقم ١٥ أ، ب، ج).

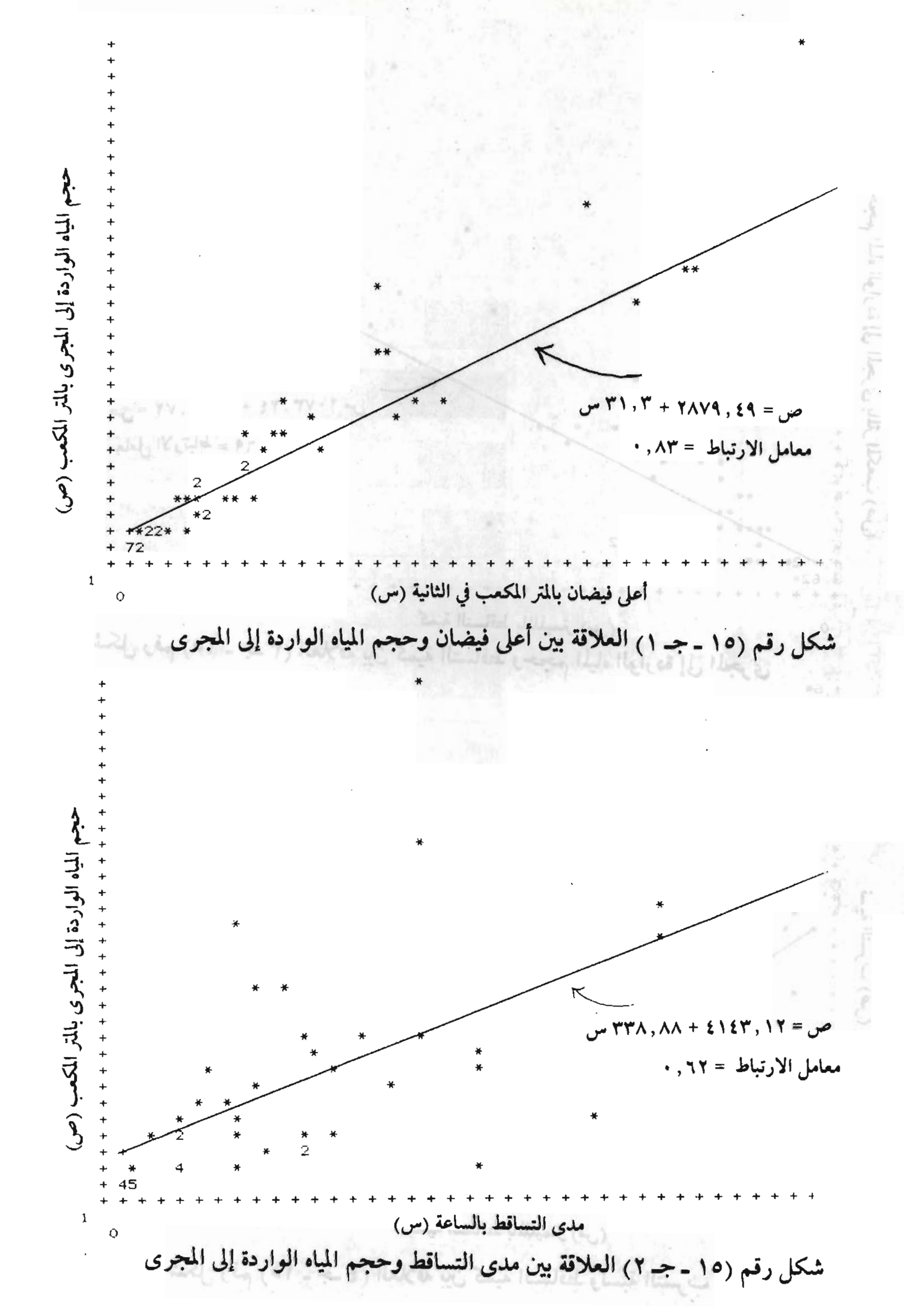


شكل رقم (١٥ - أ) حجم التصريف المائي في قطاعات الوادي
(من عمل الباحث باستخدام الحاسب الآلي)



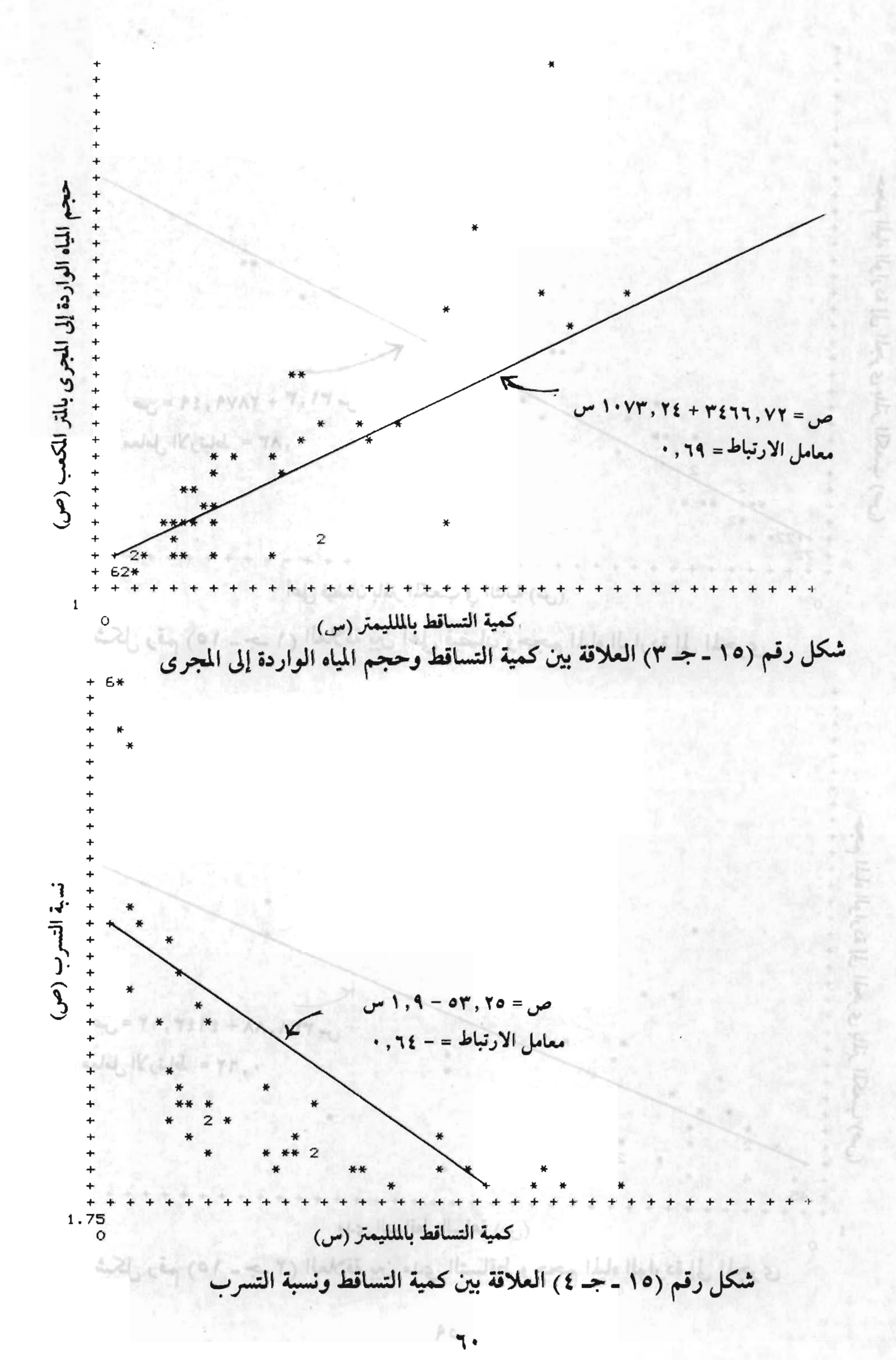
شكل رقم (١٥ ـ ب) نسبة التسرب في قطاعات الوادي

(من عمل الباحث باستخدام الحاسب الآلي)



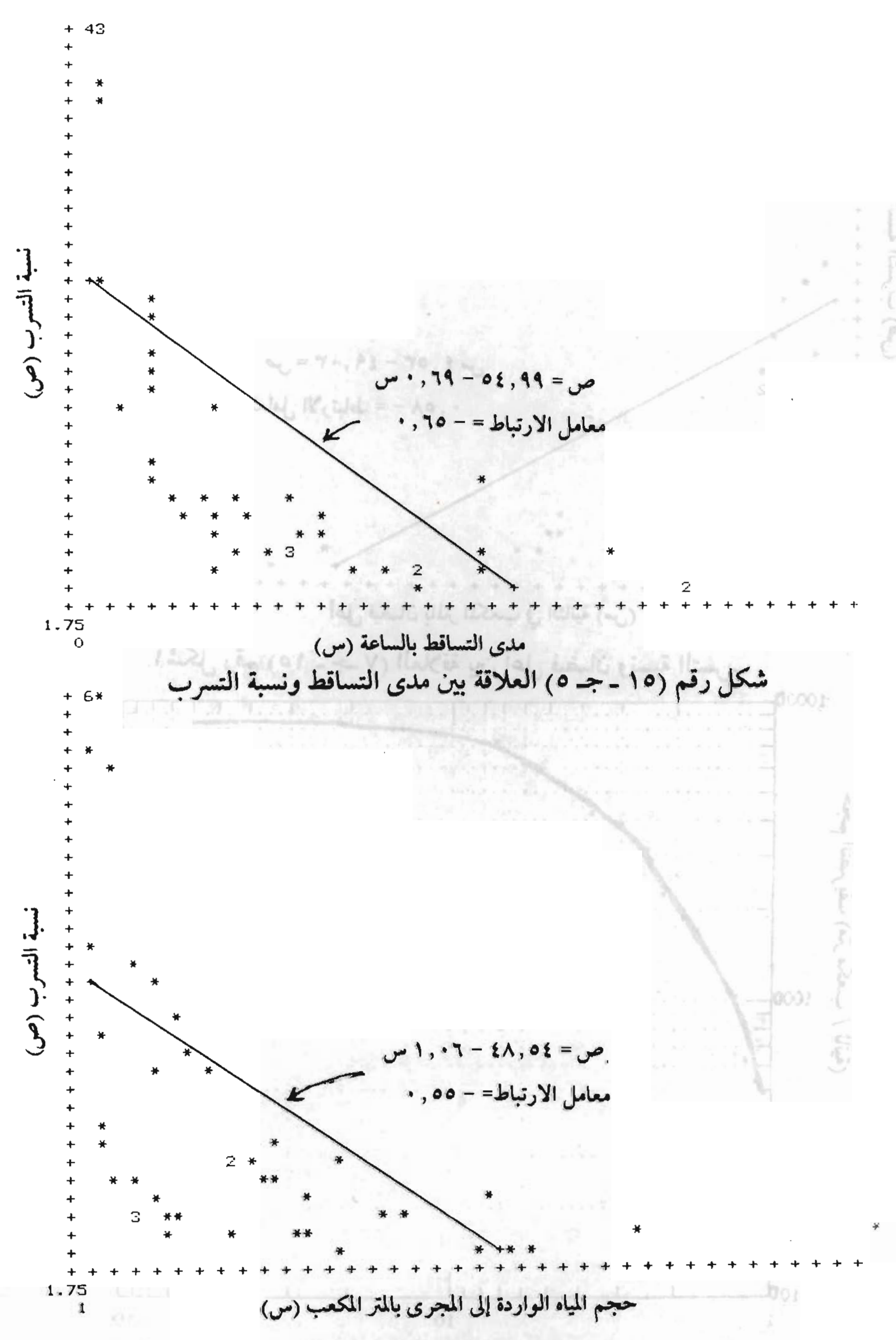
شكل رقم (١٥ ـ جـ ١) العلاقة بين أعلى فيضان وحجم المياه الواردة إلى المجرى

شكل رقم (١٥ ـ جـ ٢) العلاقة بين مدى التساقط وحجم المياه الواردة إلى المجرى



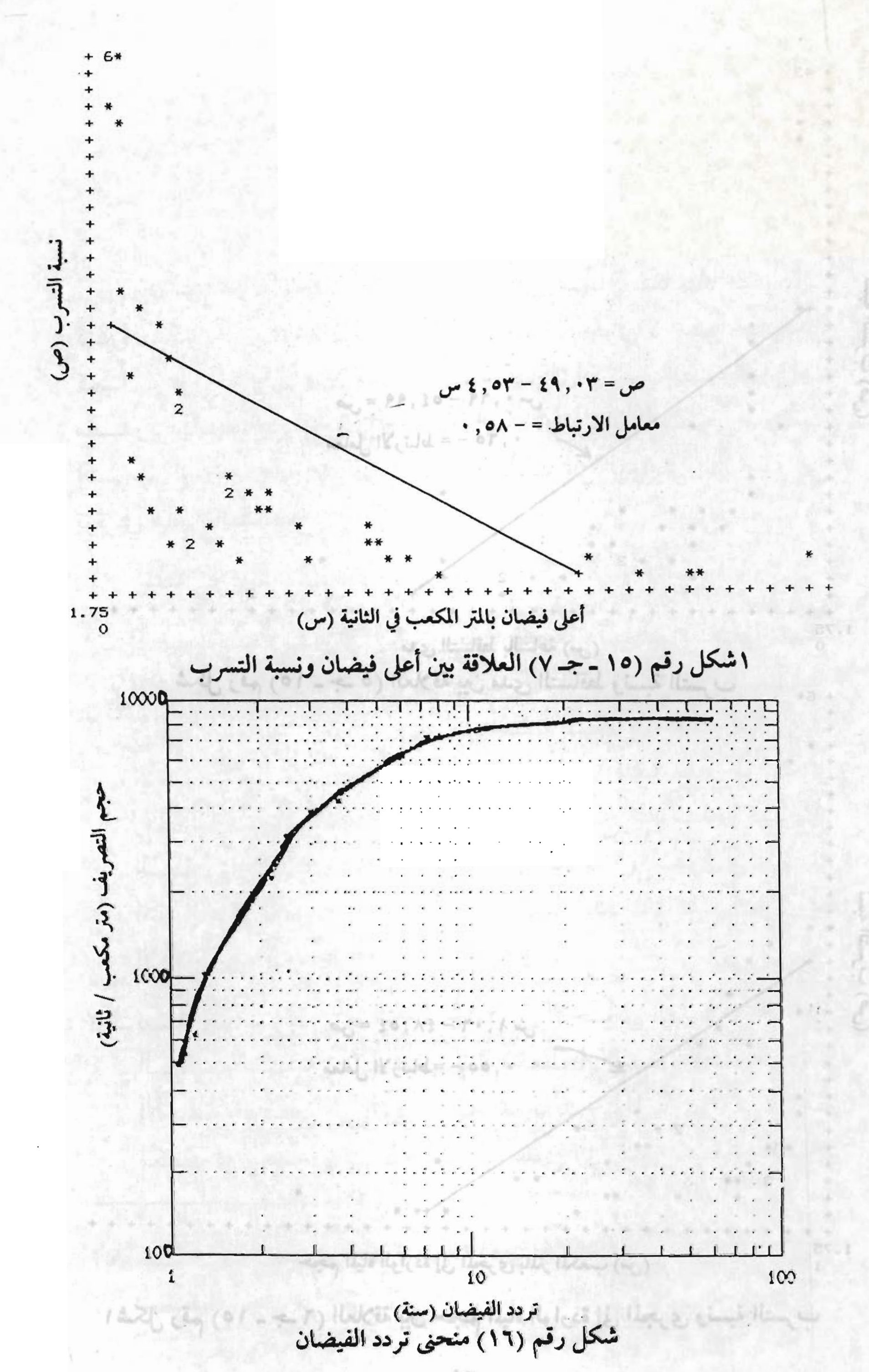
شكل رقم (١٥ ـ جـ ٣) العلاقة بين كمية التساقط وحجم المياه الواردة إلى المجرى

شكل رقم (١٥ ـ جـ ٤) العلاقة بين كمية التساقط ونسبة التسرب



شكل رقم (١٥ ـ جـ ٥) العلاقة بين مدى التساقط ونسبة التسرب

شكل رقم (١٥ ـ جـ ٦) العلاقة بين حجم المياه الواردة إلى المجرى ونسبة التسرب



شكل رقم (١٥ ـ جـ ٧) العلاقة بين أعلى فيضان ونسبة التسرب

شكل رقم (١٦) منحنى تردد الفيضان

الميـــزان المائـــي *

إن أي محاولة لتحديد الميزان المائي لوادي سمائل ستقابلها صعوبات كثيرة. فكثير من مدخلات أو مخرجات الخزان الجوفي لا يمكن تحديدها كمياً. وعلى أية حال فإن هذه الدراسة تحاول أن تلقي الضوء على أهم مصدرين للمياه السطحية والجوفية وهما: الجريان السطحي، ونسبة التسرب. وتحاول هذه الدراسة أيضاً أن تكشف عن العوامل الرئيسية التي تؤثر في هذين المصدرين.

ولقد تبين من هذه الدراسة ما يلي:

١ ـ إن نسبة التسرب في الأحباس العليا ضعيفة ويرجع ذلك إلى شدة الانحدار وبالتالي سرعة الجريان وضيق المساحة التي تفترش عليها المياه في بطن الوادي. ولذلك فإن العواصف الممطرة الخفيفة على هذه الأحباس لها تأثير محدود على الخزان الجوفي. فلقد تبين من شكل رقم (١٥ ب) أن انخفاض نسبة التسرب تنتج عن شدة الجريان السطحي ولا يستفيد الماء الجوفي إلا بما يتسرب في الشقوق والفواصل أثناء انحدار المياه على سفوح الجبال وتعتبر بذلك المصدر الأول لمياه الأفلاج بهذه الأحباس.

٢ ـ يصل ما يتسرب إلى الخزان الجوفي في الأحباس العليا من الأمطار الساقطة عليه ١١,٦ مليون متر مكعب في السنة، وما يتسرب في الأحباس الوسطى التي تنتهي عند بلدة بدبد حوالي ٣٩,٨ مليون متر مكعب في السنة. وفي الأحباس الوسطى التي تنتهي عند بلدة فنجا

(*) جميع الأرقام الواردة تحت هذا العنوان باستثناء البيانات التي أشير إلى مصدرها استخلصها الباحث من الجدول رقم (٣).

حوالي ٣٨,٤ مليون متر مكعب في السنة. بينما في الأحباس الدنيا يتسرب إلى الخزان الجوفي من الأمطار الساقطة عليه ٣,٨ مليون متر مكعب في السنة، ويرجع صغر تلك الكمية بطبيعة الحال إلى صغر مساحة حوض التصريف في الأحباس الدنيا. وفي هذه الحالة يستفيد الخزان الجوفي في الأحباس الدنيا من ما يتصرف من الخزان الجوفي في الأحباس العليا والوسطى تبعاً للانحدار العام نحو البحر.

٣ ــ يصل مجموع ما يمكن أن يستوعبه الخزان الجوفي على امتداد الوادي ٩٣,٨ مليون متر مكعب في السنة. واذا حسبنا ما يتبخر من السطوح والحافات الرملية المبتلة في بطن الوادي بعد الفيضان مباشرة، وما يتبخر مما ينتحه النبات من الأشجار والمزروعات الموجودة على طول جوانب الوادي نجده يصل على الأقل ٣٠,٩ مليون متر مكعب في السنة (حسب تقديرات مؤسسة الفاو سنة ١٩٨٣). واذا ما أخذنا في الاعتبار أيضاً ما يتم سحبه من المياه في الأحباس العليا والوسطى لأغراض الري الذي يصل إلى حوالي ١٤ مليوناً من الأمتار المكعبة في السنة (حسب تقديرات مؤسسة الفاو سنة ١٩٨٣) والتي زادت إلى ٢١ مليوناً من الأمتار المكعبة في السنة طبقاً لمعدلات التوسع الزراعي التي زادت بمقدار ٥٠٪ في الوقت الحاضر. وتأسيساً على ذلك يكون صافي ما يصل إلى السهل الساحلي في الخزان الجوفي حوالي ٤١,٩ مليون متر مكعب سنوياً.

٤ ــ تقدر كمية المياه المسحوبة للري في السهل الساحلي بحوالي ٩,٧ مليون متر مكعب في السنة، والاحتياجات الأخرى ٣,٢ مليون متر مكعب في السنة (حسب تقديرات وزارة البيئة وموارد المياه سنة ١٩٨٣). ولقد زادت في هذه السنوات بمقدار ٢٢٪ من الكمية المسحوبة في عام ١٩٨٣، وبذلك يصبح مجموع الاستهلاك حوالي ١٦ مليون متر مكعب في السنة. وبالنسبة للأحباس الوسطى عند بلدة «فنجا» و «بدبد» فلقد قدرت المياه المسحوبة لأغراض الري والاستخدامات الأخرى بحوالي

١٥ مليـون متر مكعب سنـوياً (حسب تقـديرات الكسنـدر جيبس سنة ١٩٨٣). واذا أخـذنا في الاعتبـار أيضاً مـا يتصرف إلى البحـر بمقـدار خمسـة مـلايـين مـتر مكعب في السنـة. وبـطرح كـل هـذه الكميـات المسحـوبـة من مجمـوع مـا يتسرب إلى السهـل السـاحـلي البـالـغ ٤١,٩ مليون متر مكعب في السنة يكون الفائض حوالي ستة ملايين متر مكعب في السنة مخزوناً جوفيـاً في السهل الفيضي بـالأحباس الـدنيا من الوادي والسهل الساحلي على الدلتا المروحيـة. واذا ما استبعـد من هذا المخزون حوالي ثلاثة ملايين متر مكعب لصيانـة الطبقـة الحاملة للميـاه الجوفية من طغيان البحر عليها يكون الفائض الفعلي في السهـل الفيضي والدلتا حوالي ثلاثة ملايـين متر مكعب في السنـة وهي نسبة لا بـأس بها تساهم في تلبية احتياجات منـطقة العـاصمة الكـبرى والمتصاعـدة والتي تتعدى الآن عشرة ملايين متر مكعب في السنة.

الخاتمــة

نستخلص مما سبق أن كمية الأمطار الساقطة وطول فترة التساقط يلعبان وحدهما دوراً رئيسياً في تحديد حجم المياه الواردة إلى مجرى الوادي وكذلك نسبة ما يتسرب منها إلى الخزان الجوفي. أما خصائص الحوض الجيومورفولوجية فلها دور رئيسي آخر في التفاوت الملحوظ في الجريان السطحي ومعدلات التسرب على طول الوادي. ففي الأحباس العليا نجد أن الانحدار الشديد للمرتفعات والتي تشكل حوالي ٨٥٪ من مساحة الحوض بهذه الأحباس يجعل المياه تنساب بسرعة إلى أرض الوادي ما عدا ما يتسرب منها خلال الشقوق والفواصل الصخرية إلى الطبقات الحاملة للمياه والتي تغذي الأفلاج بالمنطقة. أما بالنسبة لما ينساب على أرض الوادي فلا يتسرب منه إلا القليل نظراً لضيق قاع الوادي من ناحية وقصر قطاعه الطولي من ناحية أخرى. وعلى ذلك فإن ما يتسرب إلى المياه الجوفية من هذا القطاع لا يزيد عن ١٢,٨٪ من مجموع المياه المتسربة إلى الخزان الجوفي. أما المياه السطحية التي تفيض وتجري على أرض الوادي فسرعان ما تتلاشى نتيجة قصر أمد جريانها من ناحية وقلة حجمها وسرعة جريانها من ناحية أخرى. وعندما يتراجع منسوب Recede الفيضان بعد فترة قصيرة من بدايته تتجمع المياه في حفر وعائية منتشرة بأرض الوادي. هذه الحفر يكون التسرب قد توقف فيها نتيجة ضيق المسام لأن المواد المكونة لها على السطح تكون دقيقة وناعمة وتكثر فيها الرواسب الكلسية التي تسد الفراغات البينية. هذه الحفر الوعائية التي تمتلىء بالمياه بعد كل عاصفة ممطرة تزيد من معدلات الفاقد بالبخر لأن المياه تستمر معرضة لأشعة الشمس لفترات طويلة بعد انتهاء العاصفة.

أما الأحباس الوسطى التي تنتهي عند بلدة «بدبد» وبلدة «فنجا» حيث ينفرج السهل الفيضي وتبتعد جوانب الوادي الجبلية ويزداد سمك

الرواسب الفيضية بالقاع والتي يصل سمكها عند بلدة «بدبد» حوالي ستة أمتار فإن المياه الواردة إلى المجرى تتسرب إلى المياه الجوفية بمعدلات أسرع إذ يبلغ ما يتسرب ٧٧ مليون متر مكعب في السنة (أي حوالي ٨٤,٦٪ من مجموع المياه المتسربة إلى الخزان الجوفي على طول الوادي) وهي أكبر نسبة تسرب على طول الوادي وهي التي تغذي المياه الجوفية في الأحباس الدنيا عند بدلة «الخوض القديم» وفي السهل الساحلي بالتسرب تبعاً للانحدار العام نحو البحر على هيئة جريان تحت سطحي base flow . ونظراً لكبر منطقة تلقي المطر بهذا القطاع من الوادي فإن حجم التصريف يكون كبيراً ولكن كما أشرنا أن اتساع قاع الوادي يجعل الفاقد كبيراً سواء بالبخر أو بالتسرب، وعلى ذلك فإن الفائض على شكل جريان سطحي يكون قليلاً نسبياً ويتلاشى أثره بسرعة ولا يواصل جريانه إلى الأحباس الدنيا إذا كانت كمية التساقط متوسطة (من ١٥ إلى ٢٠ ملليمتر وتستمر لفترة أقل من ١٢ ساعة) بينما إذا زادت كمية التساقط ووصلت إلى أكثر من ثلاثين ملليمتراً واستمر سقوط الأمطار لفترة تصل أكثر من ثلاثين ساعة على شكل رخات كثيفة على فترات متقاربة طوال فترة الثلاثين ساعة، فإن الجريان السطحي يبلغ أقصى كمية له والتي قدرت بحوالي ألفي متر مكعب في الثانية، فإن هذا النوع من الفيضان الذي يتكرر حدوثه مرة كل خمس سنوات (أنظر شكل رقم ١٦). هو الذي تستفيد منه منطقة الخوض ودلتا الوادي ومنطقة السهل الساحلي، خاصة بعد انشاء سد التغذية سنة ١٩٨٣ وحفظ هذه المياه بدلا من ضياعها في البحر.

أما الأحباس الدنيا من الوادي في منطقة «الخوض القديم» والمروحة الفيضية والسهل الساحلي فله خصائص فزيوغرافية كما أشرنا من قبل تختلف عن قطاعات الوادي العليا. وقد انعكس هذا على موارد المياه بالمنطقة على النحو التالي:

١ ــ تتسرب إلى هذا القطاع المياه من الأحباس العليا على شكل جريان تحت السطح base flow قدرت بحوالي ستة ملايين متر مكعب في السنة.

٢ ــ أشارت الحسابات لحجم المياه السطحية الجارية في الأحباس الدنيا والتي تتجمع أمام السد إلى أنها تقدر بـ ٢,٦ مليون متر مكعب في السنة. وبإضافة هذه الكمية إلى المياه تحت السطحية القادمة من الأحباس العليا (ستة ملايين متر مكعب) نجد أن حجم المياه بالخزان الجوفي تصل إلى ٨,٦ مليون متر مكعب في السنة. وبعد استبعاد ٣ مليون متر مكعب لصيانة الطبقة الحاملة للمياه من طغيان البحر عليها، بالاضافة إلى ٢,٦ مليون متر مكعب تصريف سطحي من الوادي إلى البحر، يكون الفائض ٣ مليون متر مكعب سنوياً عبارة عن مخزون جوفي بالمنطقة يمكن أن يساهم في تلبية احتياجات المنطقة من المياه والتي تنمو عمرانياً بمعدلات سريعة خاصة بعد انشاء جامعة السلطان قابوس بها.

المراجع الأساسية

— Chow, V.T. (ed.) (1964), **Runoff, In: Handbook of Applied Hydrology,** Sec. 14, McGraw Hill, New York.

— Glennie, K.W., Boeuf, M.G.A., Hughes, C.M.W., Moody-Sturt, M., Pilaar, W.F., and Reinhardt, B.M., (1974). **Geology of the Oman Mountains,** Part III (separate plates), Part II (tables and illustrations) Part I (text), Koninklijk Nederlands Geologisch en Mijbbounkunding genootschap, Transactions, 31 423 p (Part I).

— Graf, William L., (1988), **Fluvial Processes in Dryland Rivers,** Springer - Verlag Berlin Heidlberg New York.

— Sultanate of Oman, Ministry of Petroleum and Minerals, Directorate General of Minerals **Geological Map of Fanjah sheet NF 40-3F, 1:100,000,** Explanatory notes by M. Villey and J. Le Metour X DE Gramont, Bureau de Recherches Geologiques et Minieres B.P. 6009-45060 orleans cedex, 1986, France.

— The Hydrologie Engineering center, Introduction to groundwater Hydrology, Lecture notes, **Water Balance: Albuguerque Greater Urban ASrea.** H. 393, tape No. 390, HEG 609 second street, Davis, California 95616, February, 1979.

سلسلة اعداد الدورية لعامي ١٩٩٠ - ١٩٩٢

١٣٣ ـ جيمورفولوجية الشروم على الساحل الشرقي للبحر الأحمر (المملكة العربية السعودية) — د. محمد سعيد البارودي

١٣٤ـ تطبيق نظم المعلومات الجغرافية (دراسة تحليلية) — د. خالد بن محمد العنقري

١٣٥ـ الظروف المناخية بالاحساء. (دراسة جغرافية)

١٣٦ـ الآثار السلبية للهجرة الدولية في مجتمع المواطنين (دراسة حالة لدول مجلس التعاون الخليجي) — د. أمل يوسف العذبي الصباح

١٣٧ ـ جغرافية النشاط الاقتصادي في البحرين — د. محمود توفيق.

١٣٨ ـ موجات الحر في الأردن خلال الصيف — أ. د. نعمان شحادة

١٣٩ ـ التنظير في الفكر الجغرافي الحديث — أ. د. محمد علي عمر الفرا

١٤٠ ـ الجغرافيا والدين — أ. د. عبدالعزيز كامل

سلسلة اصدارات وحدة البحث والترجمة

١- تقلبات المناخ العالمي — عرض وتعليق: أ.د. محمد صفي الدين أبو العز
٢- محافظة الجهراء — أ.د. زين الدين غنيمي
٣- تعدادات السكان في الكويت — د. أمل العذبي الصباح
٤- أقاليم الجزيرة العربية بين الكتابات العربية القديمة والدراسات المعاصرة — أ.د. عبدالله يوسف الغنيم
٥- أشكال سطح الأرض المتأثرة بالرياح في شبه الجزيرة العربية — أ.د. عبدالله يوسف الغنيم
٦- حول تجربة العمل الميداني لطلاب الجغرافيا بجامعة الكويت — أ.د. صلاح الدين بحيري
٧- الاستشعار من بعد وتطبيقاته الجغرافية في مجال الاستخدام الأرضي — أ.د. علي علي البنا
٨- البدو والثروة والتغير: دراسة في التنمية الريفية للامارات العربية المتحدة وسلطنة عمان — ترجمة: د. عبد الاله أبو عياش
٩- الدليل البحري عند العرب — حسن صالح شهاب
١٠- بعض مظاهر الجغرافيا التعليمية لمقاطعة مكة المكرمة — د. ناصر عبدالله الصالح
١١- طرق الملاحة التقليدية في الخليج العربي — حسن صالح شهاب
١٢- نباك الساحل الشمالي في دولة الكويت دراسة جيومورفولوجية — د. عبدالحميد أحمد كليو، د. محمد اسماعيل الشيخ
١٣ ــ جغرافية العمران عند ابن خلدون — د. عبدالعال الشامي
١٤ ــ السمات العامة لمراكز الاستيطان الريفية في منطقة الباحة — د. محمد محمود السرياني
١٥ ــ جزر فرسان دراسة جيومورفولوجية — د. محمد سعيد البارودي

سلسلة منشورات وحدة البحث والترجمة

- ١ـ بيئة الصحاري الدافئة — ترجمة: أ. د. علي علي البنا
- ٢ـ الجغرافيا العربية — تعريب وتحقيق: د. عبدالله يوسف الغنيم، د. طه محمد جاد
- ٣ـ مدن مصر وقراها عند ياقوت الحموي — د. عبدالعال الشامي
- ٤ـ العالم الثالث: مشكلات وقضايا — ترجمة: أ. د. حسن طه نجم
- ٥ـ التنمية الزراعية في الكويت — أ. د. محمد رشيد الفيل
- ٦ـ القات في اليمن: دراسة جغرافية — د. عباس فاضل السعدي
- ٧ـ هيدرولوجية الأقاليم الجافة وشبه الجافة — تعريب: د. سعيد أبو سعدة
- ٨ـ منتخبات من المصطلحات العربية لأشكال سطح الأرض — أ. د. عبدالله يوسف الغنيم
- ٩ـ البلدان اليمانية عند ياقوت الحموي — تحقيق القاضي اسماعيل بن علي الأكوع
- ١٠ـ المدن الجديدة بين النظرية والتطبيق — د. أحمد حسن ابراهيم
- ١١ـ الأبعاد الصحية للتحضر — ترجمة: أ. د. محمد عبدالرحمن الشرنوبي
- ١٢ـ التطبيقات الجغرافية للاستشعار من بعد: دليل مراجع — د. صبحي المطوع
- ١٣ـ قواعد علم البحر — حسن صالح شهاب
- ١٤ـ الانسياق الرملي وخصائصه الحجمية بصحراء الدهناء على خط الرياض ـ الدمام — مشاعل بنت محمد بن سعود آل سعود
- ١٥ـ التخطيط الحضري لمدينة الأحمدي وإقليمها الصناعي — د. وليد المنيس، د. عبدالله الكندري
- ١٦ـ كيف ننقذ العالم — ترجمة: أ. د. علي علي البنا، أ. د. زين الدين عبدالمقصود
- ١٧ـ أودية حافة جال الزور بالكويت تحليل جيومورفولوجي — د. عبدالحميد كليو
- ١٨ـ الألواح الجيولوجية ونظمها التكتونية — ترجمة: أ. د. حسن أبو العينين
- ١٩ـ جيومورفولوجية منطقة الخيران جنوب الكويت — د. السيد السيد الحسيني
- ٢٠ـ الشوائب في تحقيق كتاب الفوائد في أصول علم البحر والقواعد — تأليف: شهاب الدين أحمد بن ماجد
- ٢١ـ التحضر في دول الخليج العربية — د. خالد محمد النعقري
- ٢٢ـ جغرافية العالم الثالث — تعريب: د. حسن طه نجم، د. مكي محمد عزيز
- ٢٣ـ الصور الجوية ـ دراسة تطبيقية — د. خالد العنقري
- ٢٤ ــ جيومورفولوجية منخفض أم الرمم بالكويت — د. عبدالحميد كليو

رسائل جغرافية

دورية علمية محكمة تعنى بالبحوث الجغرافية

يصدرها قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية